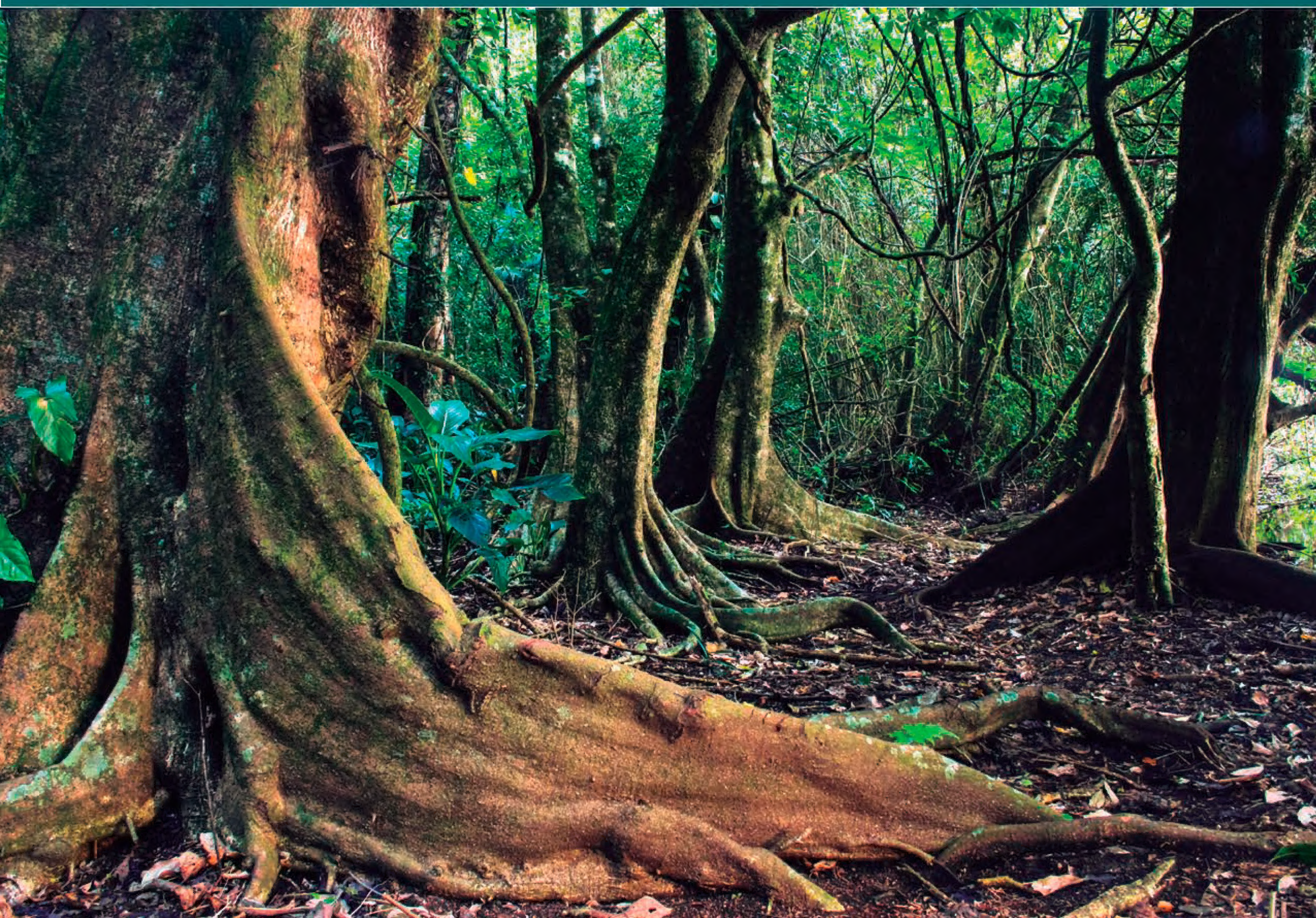
INSTITUTO DE ECOLOGIA
UNAM

Oikos=

20
Mayo 2018

Áreas naturales protegidas: ciencia, educación y arte



DIRECTORIO

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO

Dr. Enrique Luis Graue Wiechers
Rector

Dr. Leonardo Lomelí Vanegas
Secretario General

Ing. Leopoldo Silva Gutiérrez
Secretario Administrativo

Dr. Alberto Ken Oyama Nakagawa
Secretario de Desarrollo Institucional

Mtro. Javier de la Fuente Hernández
Secretario de Atención a la Comunidad Universitaria

Dra. Mónica González Contró
Abogada General

Dr. William Lee Alardin
Coordinador de la Investigación Científica

M. en C. Néstor Enrique Martínez Cristo
Director General de Comunicación Social

INSTITUTO DE ECOLOGÍA

Dr. Constantino Macías García
Director

Dr. Juan Enrique Fornoni Agnelli
Secretario Académico

Ing. Ulises Martínez Aja
Secretario Administrativo

Dr. Luis Enrique Eguiarte Fruns
Editor

Dra. Clementina Equihua Z.
Dra. Laura Espinosa Asuar
Asistentes editoriales

Lic. Esmeralda Osejo Brito
Asistente editorial Jr.

Dr. Daniel Piñero Dalmau
Dr. Julio Campo Alves
Dr. Fernando Álvarez Noguera
Consejo editorial

L. D. G. Abril Luz María Ángeles Trujillo
Formación y diseño editorial

OIKOS=, Año 1, No. 20 (mayo-junio 2018) es una publicación cuatrimestral, editada por la Universidad Nacional Autónoma de México, Ciudad Universitaria, Delegación Coyoacán, C.P. 04510, Ciudad de México, a través de la Unidad de Divulgación y Difusión del Instituto de Ecología, Ciudad Universitaria, Circuito Exterior S/N, Delegación Coyoacán, C.P. 04510, México, Tel. (55)5622-9002, correo electrónico: cequihua@iecologia.unam.mx, http://web.ecologia.unam.mx/oikos3.0/. Editor responsable: Luis Enrique Eguiarte Fruns. Reserva de Derechos al Uso Exclusivo No. 04-2017-111710202000-102, ISSN: en trámite, ambos otorgados por el Instituto Nacional del Derecho de Autor, Certificado de Licitud de Título y Contenido: en trámite, otorgado por la Comisión Calificadora de Publicaciones y Revistas Ilustradas de la Secretaría de Gobernación. Impresa por Grupo Impreso, Domicilio Monrovia 1101 Bis, Portales, Ciudad de México, 03300. Este número se terminó de imprimir el día 30 del mes de junio de 2018, con un tiraje de 500 ejemplares, impresión tipo offset.

El contenido de los artículos es responsabilidad de los autores y no refleja el punto de vista de los árbitros, del Editor o de la UNAM. Se autoriza la reproducción de los artículos (no así de las imágenes) con la condición de citar la fuente y se respeten los derechos de autor.

Distribuido por: Instituto de Ecología, Ciudad Universitaria, Circuito Exterior S/N, Delegación Coyoacán, C.P. 04510. Ejemplar gratuito.

Oikos= es financiado por el proyecto PE208918 de PAPIME.

Diseño de portada: Abril Angeles con fotografía de Marco A. López-Rosas

20

Oikos=

INSTITUTO DE ECOLOGIA UNAM

Mayo 2018

CONTENIDO

DEL DIRECTOR

Hay de reservas a reservas
Constantino Macías 5

DE LOS EDITORES

Áreas protegidas: ¿para qué?
Luis E. Eguiarte, Clementina Equihua Z., Laura Espinosa Asuar y Esmeralda Osejo Brito.....6

ARTÍCULOS

Una incursión en las selvas húmedas tropicales en la región de Los Tuxtlas
Juan Núñez Farfán.....8

El Bosque de Chamela: donde la ciencia nunca descansa
Angelina Martínez Yrízar, Manuel Maass, Víctor J. Jaramillo y José Sarukhán.....14

Xochimilco y sus chinampas: lecciones del sismo del 19 de septiembre, 2017
Patricia Pérez Belmont, Lakshmi Charli Joseph, Elsa Valiente Riveros y Marisa Mazari Hiriart.....19

Arte para conservar a la vaquita marina
Clementina Equihua Z.....25

RESEÑA

Dentro de la naturaleza: historias de la conservación en nuestras áreas protegidas
Esmeralda Osejo Brito.....26

Lineamientos de redacción de artículos para *Oikos=*.....29

Especies exóticas invasoras
Abril Luz María Ángeles Trujillo y Clementina Equihua Z.....32

El *Astrocaryum mexicanum* o "chocho" es una palmera de las selvas tropicales húmedas, que se extiende desde Veracruz hasta Honduras. El Dr. José Sarukhán y su grupo de trabajo han estudiado esta especie desde la década de 1970. Gracias a su investigación, hoy se conocen muchos aspectos de la historia natural del chocho, y gran parte de la ecología tropical de México floreció a partir de estos estudios.
Ilustración: Sofía Abisag Montes Rodríguez.

Del Director

Hay de reservas a reservas

Constantino Macías

La idea de apartar una región del planeta —del territorio local, del país— para que no se acaben las plantas o los animales que la habitan, hubiera resultado incomprensible a nuestros ancestros. O al menos a aquellos que paseaban libremente por bosques y llanuras siguiendo los patrones temporales de abundancia de alimentos. Unos cuantos estadios de desarrollo cultural más adelante, las sociedades generaron formas de organización que incluyeron, las más de las veces, algún tipo de monarquía. A partir de entonces surgió en diferentes partes del mundo la idea de designar áreas de particular belleza y riqueza natural, sobre todo faunística, para el uso exclusivo de las elites dominantes. En Asia, Europa, norte de África y por lo menos en Mesoamérica, los cotos aseguraban la abundancia de caza deportiva para el esparcimiento de los gobernantes, y seguramente contribuyeron a la preservación de algunas especies.

Viene a la mente la historia del ciervo de Père David, o *sibuxiang* (四不像), que significa "cuatro no iguales" (porque se parece pero no es igual a la vaca, ni al venado, ni al caballo, ni al burro). Esta especie de venado de los pantanos del sur de China estaba en vías de extinción cuando lo encontraron, a finales del siglo XIX, en los cotos de caza del emperador chino. Ya entonces, la pequeña población, aislada probablemente por cientos de años, enfrentaba las amenazas de toda población pequeña: sus números oscilaban cerca del temido tamaño mínimo viable poblacional —por debajo del cual la extinción se vuelve muy probable— y su diversidad genética estaba muy erosionada.

Una lección que podemos extraer de esta historia es que, si queremos mantener a largo plazo las poblaciones o los procesos biológicos que nos interesan, debemos garantizar la posibilidad de flujo de organismos y de genes entre diferentes reservorios. También aprendimos que mantener solamente por mantener no es suficiente; hay que aprovechar las reservas para estudiar y conocer, y por tanto ser más eficientes en nuestros esfuerzos para preservar la naturaleza, como es el caso del área protegida de Xochimilco que nos presentan Patricia Pérez Belmont y sus colaboradoras. Las reservas nos permiten, además, entrenar a nuestros académicos, como muestran las experiencias en Los Tuxtlas que nos comparte Juan Nuñez Farfán, y constituyen laboratorios en los cuales podemos seguir procesos cuyas consecuencias solamente pueden ser evaluadas en el largo plazo, como ilustra la contribución de Angelina Martínez Yirízar y sus colegas sobre la Estación de Biología de Chamela. A veces, sin embargo, lo urgente no deja tiempo para lo importante, y lo único que podemos hacer es decretar una reserva con la esperanza de que la especie o hábitat que pretendemos preservar no desaparezca antes de que los conozcamos más y aprendamos a cuidarlos, como ha sucedido en el área del alto Golfo de California que busca proteger la Vaquita, situación que describe nuestra colaboradora y editora Clementina Equihua Zamora. Tenemos, pues, reservas diseñadas para conservar determinadas especies, reservas pensadas como santuarios de algún proceso, y reservas establecidas como centros de investigación, tanto para fines de conservación como para comprender procesos. Yo, desde luego, prefiero éstas últimas.

Oikos=

De los editores

Áreas protegidas: ¿para qué?

Luis E. Eguiarte, Clementina Equihua Z., Laura Espinosa Asuar y Esmeralda Osejo Brito

Las diferentes reservas ecológicas y áreas protegidas siempre han sido centrales para la investigación científica en México y para la formación de los nuevos ecólogos. Muchos de nosotros aprendimos a hacer investigación en ecología en estas áreas. En particular, las dos estaciones de biología tropical de la UNAM: la de Biología Tropical de Los Tuxtlas y la de Biología Tropical de Chamela, han sido centrales tanto para la docencia como para la investigación ecológica.

Juan Nuñez Farfán, investigador de nuestro Instituto, narra cómo aprendió a ser un ecólogo en la Estación de Biología Tropical de Los Tuxtlas, cerca de la costa de Veracruz, y nos platica cándidamente sus sufrimientos, angustias y fascinación por la selva cuando realizó sus primeros estudios —la tesis de licenciatura y los primeros artículos— sobre la ecología y dinámica poblacional de dos especies de árboles tropicales, bajo la dirección de otros dos ecólogos notables: Miguel Martínez Ramos y Rodolfo Dirzo. Al mismo tiempo, Juan nos introduce a la fascinante biología de los bosques tropicales citando diferentes descripciones clásicas de la selva, entre ellas la del mismísimo Cristóbal Colón, la de Alfred R. Wallace y otras más recientes.

Nuestra investigadora Angelina Martínez Yrízar, junto con otros ecólogos legendarios, como José Sarukhán, Manuel Maass y Víctor J. Jaramillo, nos relatan el origen, en 1982, de un proyecto a largo plazo para comprender el funcionamiento de los ecosistemas. Este ambicioso proyecto se lleva a cabo en el bosque tropical caducifolio (o selva seca), en la Estación de Biología Tropical de Chamela, UNAM, ubicada en la costa de Jalisco. A lo largo de más de 36 años, se ha estudiado cómo interactúan la vegetación, la dinámica del agua, la productividad primaria (medida en términos de la hojarasca, algo que ha estudiado Angelina desde esos tiempos) y la biogeoquímica (para una definición ver *Biogeoquímica en Cuatro Ciénegas: mundos dentro de mundos y miradas a escala* en *Oikos=* 19), de este bosque, así como los diferentes efectos de los patrones de lluvias y huracanes en esta compleja dinámica del ecosistema.

Además del trabajo en las estaciones de campo, los investigadores del Instituto de Ecología están trabajando en otras áreas protegidas en las que también estudian a los ecosistemas, pero conjuntamente con el factor social, lo cual hace la investigación mucho más complicada. Un buen ejemplo nos lo relata Patricia Pérez Belmont, estudiante de doctorado del posgrado en Ciencias de la Sostenibilidad, en colaboración con Marisa Mazari y Lakshmi Charli de LANCIS, así como Elsa Valiente de la Asociación Civil Restauración Ecológica y Desarrollo. En su artículo estas autoras nos hablan sobre los problemas de Xochimilco, al sur de la ciudad de México. Esta es un área muy importante para el bienestar de la ciudad por los servicios ambientales que provee, como por ejemplo por el agua que abastece a la zona urbana. Xochimilco es un Área Natural Protegida, Humedal de Importancia Internacional y Patrimonio Natural y Cultural de la Humanidad por la UNESCO, pero al mismo tiempo es parte de la ciudad de México. Por lo tanto, ha estado habitada por cientos de años y hoy tiene graves problemas ambientales, que se acentúan por la presencia de asentamientos humanos irregulares que ha proliferado en los últimos años, a los que se le añaden los daños sufridos por el reciente sismo de septiembre del 2017. En su contribución nos reseñan estos problemas, conflictos y perspectivas para avanzar y lograr cierta sostenibilidad.

Las reservas ecológicas y áreas naturales protegidas, además de ser muy importantes por los servicios ambientales que proveen a todo el país, son fundamentales para la investigación, el aprendizaje práctico y, por su uso ecoturístico, para la sensibilización de todos los miembros de la sociedad. Además, son especialmente relevantes por la fauna y la flora que viven en ellas, y en muchos casos son claves para la sobrevivencia de especies en peligro de extinción. Hoy sabemos que algunas de las áreas naturales protegidas también funcionan como refugios de los cuales podrían emerger, eventualmente, los organismos resguardados para recolonizar áreas de las que desaparecieron, quizá en un futuro en el que el ser humano logre ser más civilizado. Un terrible ejemplo de desaparición es el caso de una carismática especie que es también el cetáceo más pequeño del mundo, endémico del golfo de California: la vaquita marina (*Phocoena sinus*). La población de la vaquita se sigue reduciendo, a pesar de que está supuestamente protegida en la Reserva de la Biósfera Alto Golfo de California y Delta del Río Colorado, y de que se han realizado importantes esfuerzos para su conservación. Actualmente quedan sólo 30 ejemplares. Nuestra editora, Clementina Equihua Zamora, nos habla de distintos eventos recientes en los que ha participado el Instituto de Ecología y que se han realizado para llamar la

atención e informar sobre este problema. Ha sido un triste fracaso de nuestras políticas de conservación, pero invitamos al lector a leer la nota positiva hacia el final del artículo.

A pesar de los diferentes e innumerables problemas de conservación dentro y fuera de nuestras áreas naturales protegidas, son indudables el entusiasmo, cariño y dedicación de todas las personas, tanto científicos como naturalistas, ecólogos y amantes de la naturaleza, encargados o visitantes, que se han involucrado con estas áreas. Ese entusiasmo se ve reflejado en el libro *Relatos de Fogata II*, editado por nuestros colegas Ignacio J. March Mifsut, Jorge A. Rickards Guevara y Andrew Rhodes Espinosa, y que reseña con igual entusiasmo nuestra colaboradora y ahora editora Jr. Esmeralda Osejo Brito.

Concluimos esta vigésima entrega de *Oikos=* con una infografía sobre especies invasoras en áreas protegidas y con una nueva versión de los lineamientos de nuestra revista para quienes estén interesados en publicar en ella. Queremos motivar a los diferentes ecólogos y naturalistas del país, tanto investigadores y profesionistas como estudiantes, a mandarnos sus contribuciones. Así seguiremos dando voz, en un lenguaje accesible, a la ecología, la evolución y las ciencias ambientales.

Oikos=

Una incursión en las selvas húmedas tropicales en la región de Los Tuxtlas

Juan Núñez Farfán

A la memoria de mi maestra Laura Arriaga Cabrera

"Allá nos vemos" —La escueta orden-invitación de Miguel Martínez Ramos para vernos en la Estación de Biología Tropical Los Tuxtlas, donde trabajaba él como técnico académico, fue el inicio. Era el año 1981. En la Terminal de Autobuses Oriente, a las 21:30, partió el autobús hacia San Andrés Tuxtla en Veracruz, como lo hace hasta hoy en día. Ahí, a las 6 am y medio sonámbulo, uno buscaba el autobús, llamado coloquialmente "guajolotero", con rumbo a Montepío. Éste pasaba por Catemaco, Sontecomapan y La Palma antes de ascender por lomos de montaña, donde se encuentra la Estación, para después bajar hacia la playa de Montepío. Un viaje infame, eterno, dando tumbos, en una terracería que en época de lluvias se llenaba literalmente de cárcavas. Y sí, a veces no llegaba uno.

Cursé Ecología en la Facultad de Ciencias de la UNAM con mi maestra Laura Arriaga Cabrera. Fue ella quien me invitó a unirme al Laboratorio de Ecología del Dr. José Sarukhán en el Instituto de Biología. A pesar de mi interés manifiesto por la ecología animal, me convenció de que la teoría ecológica es universal, sin importar la especialización, y de que podría adquirirla haciendo ecología vegetal. Ahí comencé mi servicio social con Brian Peters, alumno posdoctoral del Dr. Sarukhán y exalumno de John L. Harper, ecólogo de plantas que fue asesor de doctorado del mismo Dr. Sarukhán. Con Brian y Laura censamos experimentos de trasplantes con *Pinus hartwegii* en el Parque Nacional Zoquiapan, en la Sierra Nevada, camino a Puebla. Pero Brian regresó a Inglaterra, de manera que me "encargaron" con Miguel.

Esplendor de la vegetación selvática en el paraje de la Selva del Marinero, Los Tuxtlas, Veracruz. Fotografía: Gerardo Aguilar Anzures.

Las selvas tropicales lluviosas de tierras bajas se han nombrado de diferente manera: rain forest, en las zonas de vida de Holdridge; pluvisilva, tropical *rainforest*, *lowland tropical rainforest* y selva tropical perennifolia, entre otros.

En ese Laboratorio de Ecología, en esos tiempos, pude conocer a muchas personas que se volvieron importantes en mi vida académica: los doctores Rodolfo Dirzo, Carlos Vázquez y Larry Venable, los tesistas y profesores de Ecología o Evolución en la Facultad de Ciencias, Enrique Portilla, Óscar Chávez, Ken Oyama, Fernando Vite, Laura Arriaga, Gela Martínez, Bety Córdoba, Ana Mendoza, Alberto Búrquez, Carlos Martínez y Miguel Franco, entre otros, más dos servicios sociales como yo, y amigos de siempre: Eduardo Morales y Luis Eguiarte. Daniel Piñero era una leyenda ausente cuyo regreso de su doctorado en la Universidad de California, Davis, se anunciaba.

Al llegar a la Estación me comunicaron que Miguel había dicho "que me busque en El Vigía 4". "El Vigía 4" es una vereda que asciende al Cerro del Vigía, el pico más cercano a la Estación, de poco más de 500 metros de altitud. Aún como *zombie*, avancé cuesta arriba comenzando a sentir la tremenda humedad. Súbitamente mi hambre y somnolencia desaparecieron al escuchar un aullido descomunal al lado del camino, tras un árbol. Una descarga de adrenalina me puso en alerta. Ahora sé que era Miguel imitando a un *Alouatta*, un mono aullador… "Mal inicio", pensé entonces. Lo que siguió ese día hasta que oscureció (que, hasta eso, ocurre temprano dentro de la selva) fue anotar datos métricos, a la voz de Miguel, de la inefable palma de "chocho" (*Astrocaryum mexicanum*), a la cual deseaba conocer gracias a que había leído el artículo de Daniel Piñero, el Dr, Sarukhán y Enrique González: *Estudios demográficos en plantas de* Astrocaryum mexicanum. La somnolencia ya no me abandonó en todo el día, y no puedo garantizar la veracidad de los datos que anoté ese día. No por Miguel, por supuesto.

La palma "chocho" (*Astrocaryum mexicanum*) es una de las plantas más estudiadas de la selva tropical mexicana. Gracias a ella es posible calcular la edad de algunos parches selváticos. Fotografía: Juan Núñez Farfán.

Quien ha estado en la selva de Los Tuxtlas, sabe que dos sucesos son altamente probables: espinarse con el dichoso "chocho" y, dependiendo del número de espinas, lugar del pinchazo y profundidad, proferir palabras altisonantes. Es verdaderamente inolvidable. "Mal inicio", me repetí por la noche. Pero, independientemente de estos encuentros cercanos, *Astrocaryum mexicanum* es, por su abundancia, una palma estructuralmente importante en la selva, sobre la cual ahora existe un gran conocimiento ecológico y genético.

Las selvas tropicales lluviosas son quizá el ecosistema terrestre más complejo del planeta, por el número de especies e interacciones bióticas que alberga. La coexistencia de miles de especies arbóreas cuestiona de inmediato cómo es posible *una diferenciación de nicho tan fina* y si tal estructuración se debe a fenómenos adaptativos o a eventos azarosos.

El encuentro con la selva tropical húmeda es algo que anhelaba mucho, por ese misterio que la envuelve, por el espíritu de aventura, y gracias también a la lectura de las relaciones de los viajes de Cristóbal Colón, quien dijo el 16 de octubre de 1492 [Isla Fernandina (hoy Long Island)]: "Y vide muchos árboles muy disformes de los nuestros, d'ellos muchos que tenían los ramos de muchas maneras y todo en un pie, y un ramito es de una manera y otro de otra; y tan disforme, que es la mayor maravilla del mundo cuánta diversidad de la una manera a la otra". También gracias a las investigaciones de Humboldt y, sobre todo, al libro de P. W. Richards: *The Tropical Rain Forest. An Ecological Study*.

Una de mis fascinaciones recurrentes, quizá ingenua, es el pensar que he pisado rincones de esos bosques que nadie antes había tocado: un privilegio. Y, como muchos ecólogos en ese encuentro, preguntarme, y tratar de buscar la respuesta (por simplista o poco desarrollada que esta sea), del por qué existen tantas especies. La pregunta es muy compleja, pero el intento de responderla es un inicio. Por eso, al leer las descripciones de A. R. Wallace en *Tropical Nature and Other Essays* crecía mi fascinación por las selvas:

> No es fácil fijar en la mente las características más distintivas de estos bosques vírgenes que, sin embargo, dejan su impronta en el observador, quien los percibe muy distintos de aquellos de las tierras templadas, poseedores de una grandeza y sublimidad completamente propia.
>
> Por encima, a una altura quizá de unos treinta metros, hay un dosel de follaje casi ininterrumpido, formado por el encuentro de estos grandes árboles y sus ramas que se entrelazan; y este dosel es, generalmente, tan alto que apenas se alcanza a ver un indistinto destello de cielo…
>
> Hay una penumbra extraña y un silencio solemne, que se combinan para producir una sensación de vastedad –de lo primigenio–, casi de lo infinito.
>
> El observador queda impactado por la enorme diversidad de los detalles y la uniformidad general. En lugar de una repetición infinita de las mismas formas de troncos, como se ven en nuestros bosques de pino, roble o haya, el ojo vaga de un árbol a otro y pocas veces encuentra dos de la misma especie.
>
> …también hay otros [árboles], y éstos son muy característicos, que proyectan hacia la base unas extensiones planas que parecen alas. Estas proyecciones son placas delgadas que irradia el tronco principal, del cual sobresalen como los contrafuertes de una catedral gótica (30-31, traducción de Esmeralda Osejo Brito).

Esta observación de Wallace resalta la frecuente presencia de contrafuertes en los árboles de las selvas húmedas. Además de éstos, la diversidad y abundancia de lianas, plantas en el sotobosque y flores que crecen directamente del tronco de un árbol (caulifloría) las distinguen de otros tipos de vegetación, tal como lo describe P.W. Richards en *The Tropical Rain Forest. An Ecological Study*.

Las numerosas hipótesis para explicar la diversidad de especies arbóreas van desde la hipótesis de la estabilidad climática que postuló el biólogo evolutivo Theodosius Dobzhansky, y que

La estructura ecológica de las comunidades se refiere a la riqueza y diversidad de especies y de historia de vida, pero, sobre todo, a las diferentes formas en que interactúan. Un tema de interés en ecología de comunidades es conocer si su estructura es aleatoria o está determinada por las interacciones bióticas, como el mutualismo, la competencia y la depredación. Por su gran diversidad, las selvas tropicales lluviosas poseen un alto grado de estructuración ecológica.

El concepto ecológico de nicho describe, de forma general, el rango de condiciones ambientales, físicas y bióticas, en las cuales una especie, o más precisamente, una población local, puede vivir y perpetuarse exitosamente. Para referirnos al nicho de las especies frecuentemente hacemos énfasis en una o dos variables del ambiente, como las condiciones, el hábitat o los recursos que usan los organismos para su existencia. Estas variables del nicho ayudan a explicar el principio de exclusión competitiva: dos especies que compitan por los mismos recursos no pueden coexistir localmente a menos que ocupen nichos distintos. Por tanto, especies ecológicamente idénticas no pueden vivir en la misma región a menos que se diferencien ecológicamente, o una de ellas se extinga.

En la figura se ilustra un recurso en un gradiente de variación a lo largo del eje de las x (una sola dimensión), y diferentes especies (curvas A, B, C, y D) que usan fracciones de ese espectro de recurso. Si las curvas de dos especies se solapan de forma marcada, por ejemplo, el caso de C y D, no es posible la coexistencia. Entonces, se predice que una de las especies se extinguirá o el nicho divergirá, lo que quiere decir que una de las especies aprovechará el recurso de manera diferente o acabará viviendo en condiciones diferentes. Sin embargo, los ecólogos se preguntan, para el caso simple de un recurso, ¿cuántas especies pueden "empacarse" a nivel local, es decir que coexistan en un sitio de forma estable? ¿cuál es el límite en similitud ecológica posible entre especies en una comunidad? En el caso del ejemplo que aquí ilustramos, nichos de una dimensión, parecería inexplicable la existencia de las selvas tropicales, con cientos de especies arbóreas por hectárea.

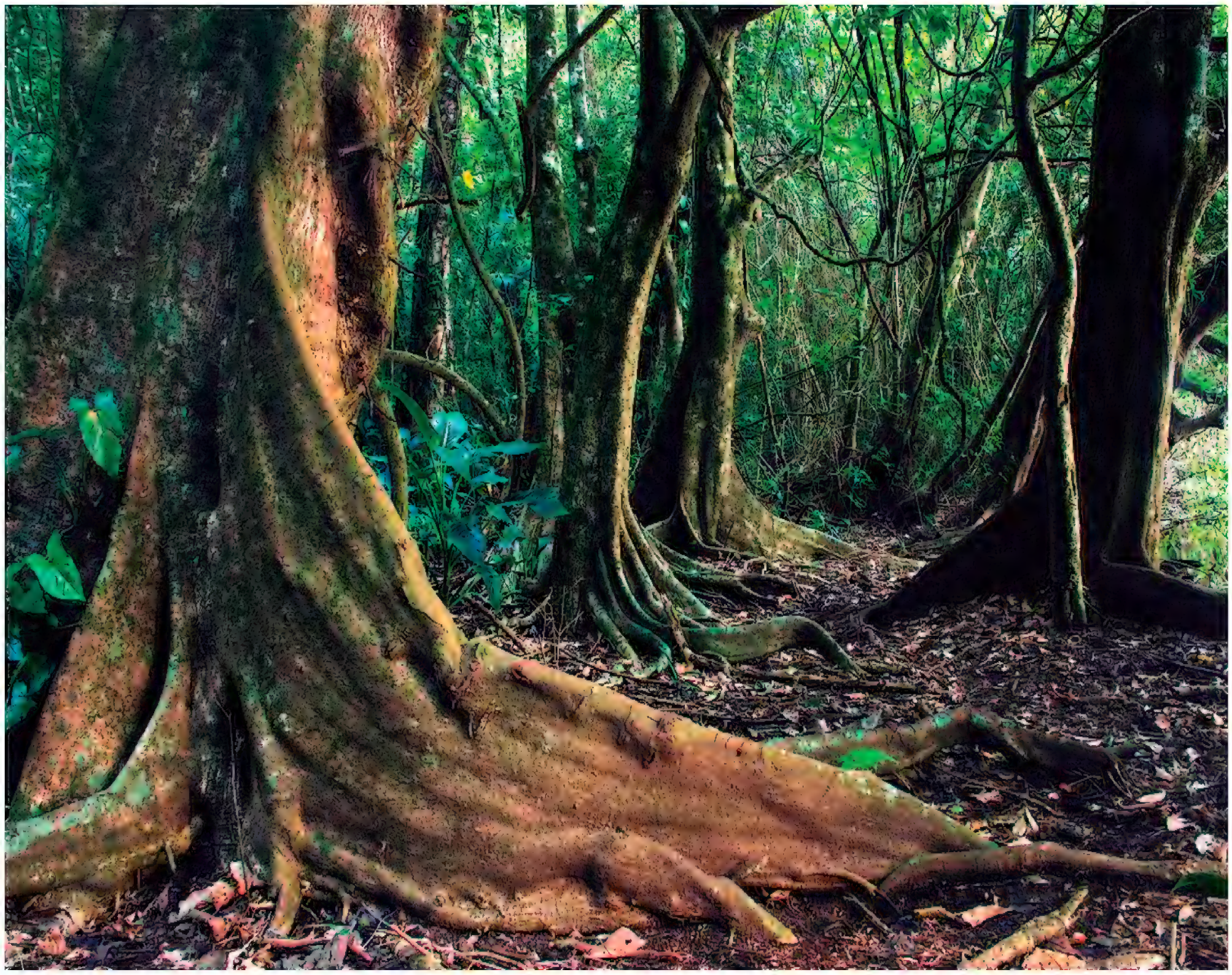
Especie A Especie B Especie C Especie D

argumenta que dicha estabilidad da tiempo para la formación de más especies (diversificación), hasta las de la heterogeneidad de los suelos, la perturbación recurrente pero intermedia, la estructuración aleatoria, o las interacciones bióticas. En general, se pueden dividir las hipótesis sobre la diversidad en tres grupos: las que proponen una estructuración aleatoria, las de filtrado ambiental y las de diferenciación de nicho. En general, la evidencia apoya la hipótesis de que diferentes organismos conviven repartiéndose un mismo recurso sin eliminar al otro por competencia. Esta hipótesis se ha llamado en español *hipótesis de la partición de nicho*, y se ha demostrado que hay efectos ecológicos positivos y negativos que dependen de la densidad de individuos. Sin embargo, aún persiste el debate, como lo discutieron Wright en 2002, en un artículo publicado en la revista *Oecologia*, y el grupo de Kraft y sus colaboradores, en su artículo de 2008 de la revista *Science*.

Tuve la fortuna de realizar mi tesis de licenciatura bajo la dirección de Miguel y de Rodolfo Dirzo. Dado que ellos seguían dos líneas distintas de investigación, mi tesis combinaba ambas: la dinámica de regeneración de la selva, con las interacciones bióticas y el nicho. En esencia, esta combinación la utilicé para estudiar los claros que se forman por la caída de árboles. Estos claros son huecos que rompen la continuidad de la selva; es decir, son perturbaciones puntuales en su estructura. En estos sitios se inicia un proceso dinámico de "llenado" del claro, por parte de las especies que se denominan pioneras (las primeras en llegar a un espacio desocupado o modificado). Uno puede considerar, con cierta lógica, que las especies que lleguen primero ganarán la carrera. Sin embargo, la evidencia señala que las especies se diferencian por el tipo de claros que prefieren (por ejemplo, el tamaño de claro) y por las características de la historia de vida de los árboles: cómo llegan sus semillas o frutos al claro (modo de dispersión), cuánto tiempo pueden éstas permanecer viables esperando las condiciones adecuadas para germinar (latencia), su tasa relativa de crecimiento, el tiempo que pasará para llegar a la primera reproducción, su longevidad, etcétera.

Al ser el sitio de colonización de las pioneras, los claros constituyen un recurso limitante (es decir, un factor ambiental del que depende la capacidad de crecimiento y reproducción de una población) en las selvas prístinas. Las especies pioneras, metafóricamente, vagan en el espacio y el tiempo buscando la oportunidad para tomar su porción de ese recurso. El resultado, a lo largo de miles de años, ha sido la evolución de cientos de especies que, atinadamente, C. G. G. J. van Steenis llama *nómadas* en su trabajo *Rejuvenation as a Factor for Judging the Status of Vegetation Types: the Biological Nomad Theory*, y cuyo *fitness* (esto es, la cantidad de hijos con capacidad reproductiva que heredan los *fenotipos* que distinguen a una población), depende de una dispersión continua y de la colonización exitosa de los claros. Estas especies de las selvas ecuatoriales del mundo comparten adaptaciones al hábito nómada y han evolucionado en diversas familias de plantas.

El éxito de la colonización de los claros depende, además del azar, de agentes bióticos (como los herbívoros y los patógenos). En mi tesis analicé la supervivencia de dos especies pioneras



Contrafuertes de árboles en Los Tuxtlas, Veracruz. Es la selva tropical más boreal en el continente americano. Esto le confiere una biodiversidad muy singular, ya que se conjuntan especies de origen tropical, de origen templado y otras endémicas. Hoy, este ecosistema se encuentra casi a punto de desaparecer, y sólo quedan fragmentos que nos recuerdan su antigua grandeza. Fotografía: Marco A. López-Rosas.

Los contrafuertes son un tipo de raíces (en inglés buttress roots) que desarrollan algunos árboles de las selvas y bosques tropicales lluviosos. Por las características del suelo, estas raíces son prolongaciones del tronco que se extienden de manera superficial en lugar de alcanzar grandes profundidades, de modo que, para poder sostener a los enormes árboles selváticos, se vuelven muy amplias y adquieren la apariencia de grandes alerones. Cumplen una función similar a la de los contrafuertes arquitectónicos, de los que toman su nombre.

Para una explicación más extensa, ver el video Buttress & Stilt Roots / Gambas y Raíces Zancos. Enlace del video: http://bit.ly/2LxpDEW

preponderantes en la selva de los Tuxtlas: la *Cecropia obtusifolia* (Cecropiaceae) y el *Heliocarpus appendiculatus* (Tiliaceae), en dos claros formados por árboles que cayeron a finales de 1981. Al cabo de tres años y medio de registros en el campo, encontramos que la *Cecropia* puede persistir en la zona donde cayó la copa del árbol, una zona en la que el sustrato es inestable, gracias a que sus raíces pivotantes (verticales, que se clavan en el suelo como un pivote) le permiten anclarse al suelo (por supuesto también se puede anclar en zonas donde no hay troncos en descomposición, pero esto marca una diferencia con otras especies de pioneras). En contraste, el *Heliocarpus* sobrevive preferentemente en zonas cercanas a la raíz del árbol caído. Éste, una vez desarraigado, deja desnuda una zona de suelo removido bastante amplia.

Por otra parte, los herbívoros causan daños semejantes en ambas especies cuando son pequeñas. Sin embargo, en la

El término fenotipo se refiere a las características físicas observables de un organismo, que incluyen caracteres morfológicos y fisiológicos de desarrollo y comportamiento. Al fenotipo de un organismo lo determina su genotipo, que son las instrucciones genómicas heredadas de los progenitores, y su interacción con el ambiente (que incluye múltiples factores ecológicos físicos y bióticos). Ejemplos de fenotipos son: la masa corporal, la coloración, tasa fotosintética, el tamaño de nidada o camada en animales, el display sexual, o la velocidad de repuesta ante estímulos ambientales (plasticidad), etcétera.

Definición modificada de *Scitable by Nature Education*: phenotype / phenotypes (https://go.nature.com/2LBol6v).

La caída de un árbol en la selva abre un hueco a través del cual se filtra la luz y crea nuevos espacios para la llegada de otras plantas. Con ello inicia un nuevo proceso de colonización. En la fotografía: Pilar Suárez, Asis Hallab, Lilibeth Toledo y Mariana Chávez. Fotografía: Juan Núñez Farfán.

Cecropia el daño se reduce drásticamente en los juveniles una vez que las plantas son colonizadas por hormigas mutualistas del género *Azteca*, que se encargan de eliminar enredaderas y ahuyentar a los herbívoros. Esto lo describe Daniel Janzen en su artículo *Allelopathy by Myrmecophytes: the Ant Azteca as an Allelopathic Agent of Cecropia*. El *Heliocarpus*, por el contrario, sigue sufriendo porcentajes altos de pérdida de hojas (defoliación) incluso en los árboles adultos (los resultados de mi estudio los publiqué en 1991 en el *Journal of Vegetation Science*). No obstante, esta especie posee una elevada tolerancia al daño; por ejemplo, soporta perder muchas de sus hojas sin que se vea afectada su supervivencia.

En mi incursión en la ecología de las selvas tropicales, me guiaron dos extraordinarios ecólogos tropicales, Rodolfo Dirzo y Miguel Martínez Ramos, a través de este híbrido de investigación entre la evolución de las especies pioneras, las interacciones bióticas y el nicho ecológico. En nuestro artículo de 1988, *Within-Gap Spatial Heterogeneity and Seedling Performance in a Mexican Tropical Forest*, concluimos lo siguiente:

> Finalmente, los resultados de este estudio tienen algunas implicaciones para la teoría de nicho, porque sugieren que dos especies ecológicamente similares dividen lo que se podría haber considerado un claro uniforme (282, traducción de Esmeralda Osejo Brito).

La afirmación no es falsa; sin embargo, en retrospectiva y de manera crítica, creo que se necesita mucha más evidencia para poder generalizar una partición de nicho tan fina dentro de los claros. No obstante, ha sido de mucho valor comprender las dificultades que conlleva el proponer hipótesis y buscar evidencia para aquellas que son nuestras preferidas, en condiciones tan complejas como las de las selvas húmedas, que imponen límites al diseño experimental apropiado. Y entonces uno debe retirarse humildemente y armarse académicamente, para después volver a la carga.

Pero el tiempo ha pasado y las selvas húmedas de la región de los Tuxtlas, como muchas otras en el mundo, han sido devastadas, para tristeza de todos. Esta realidad y la situación de emergencia de los nuevos tiempos han cambiado las prioridades de investigación para enfocarla en acciones que promuevan la conservación o restauración de ecosistemas degradados. Nosotros mismos hemos trabajado por años para estudiar los efectos de la fragmentación en la estructura y diversidad genética de especies. Como lo afirman Watson y sus colaboradores en el artículo *The Exceptional Value of Intact Forest Ecosystems*, queda claro que los bosques intactos poseen un valor superior al de los bosques degradados o restaurados, en términos climáticos, ecológicos y de servicios ecosistémicos; lo irónico es la cantidad energía que invertimos en deforestar para obtener supuestos "valores" para el bienestar humano.

Los bosques prístinos, los que quedan, tienen un valor inconmensurable para la ciencia, para entender los procesos evolutivos y las combinaciones de posibilidades que les dieron origen. Este acontecimiento no tiene y no tendrá, con toda seguridad, réplicas en el Universo. Dejarlos extinguirse sin llegar a descifrar por qué tantas especies coexisten en una misma comunidad

es simplemente inaceptable, especialmente para una especie como la nuestra, que siempre ha sentido curiosidad por explorar los confines del universo. Es por ello que necesitaremos de muchos más ecólogos empeñados en contestar las preguntas fundamentales que la ecología se ha planteado desde su origen, para que ésta pueda seguir contribuyendo, como lo ha hecho hasta ahora, al entendimiento de la diversidad de especies.

Hoy, uno puede llegar a la Estación de Biología Tropical de los Tuxtlas de la UNAM por carreteras asfaltadas y atestiguar cómo la selva ha desaparecido completamente de la sierra de Los Tuxtlas, salvo por las cañadas, los cráteres y las puntas de lomeríos. A pesar de esto, penetrar en la selva, apreciar la magnificencia y diversidad de sus árboles, o, como escribió Alfred R. Wallace, sentir su silencio solemne, su grandeza, aún nos dice que no debemos renunciar nunca a estudiarla, a entenderla en lo que nos queda de su estado primitivo.

Juan Núñez Farfán es Investigador Titular del Laboratorio de Genética Ecológica y Evolución (Departamento de Ecología Evolutiva). Su investigación se ha enfocado en la ecología evolutiva de interacciones planta-animal, genética cuantitativa, y selección natural y adaptación en plantas, entre otras líneas.

Juan Núñez Farfán y Laura Arriaga Cabrera en el año 1981, en el Parque Nacional Zoquiapan. Fotografía: Brian Peters.

Para saber más

• Botting D. 1973. *Humboldt y el Cosmos. Vida, obra y viajes de un hombre universal* (1769-1859). Ediciones del Serbal, S.A Barcelona. Versión en español 1979

• Núñez-Farfán, J. y R. Dirzo. 1989. Leaf survival in relation to herbivory in two tropical pioneer species. *Oikos*= 55: 71-74. DOI: 10.2307/3565874

• Piñero, D., J. Sarukhán y E. González. 1977. Estudios demográficos en plantas de *Astrocaryum mexicanum. Boletín de la Sociedad Botánica de México* 37: 69–118. DOI: http://dx.doi.org/10.17129/botsci.1164

• Varela C. 1979. *Textos y documentos completos. Relaciones de viajes, cartas y memoriales de Cristobal Colón*. Alianza Editorial, Madrid.

• Wallace A. R. 1878. *Tropical Nature and Other Essays*. London: Macmillan and Co.

El bosque de Chamela: donde la ciencia nunca descansa

Angelina Martínez Yrízar, Manuel Maass, Víctor J. Jaramillo y José Sarukhán

Chamela, situada entre Barra de Navidad y Puerto Vallarta en la costa del estado de Jalisco, es una pequeña región de México en la que el Instituto de Biología de la UNAM ha tenido una estación biológica para el estudio de su flora y fauna por más de 40 años. La estación se encuentra dentro de un Área Natural Protegida: la Reserva de la Biosfera Chamela-Cuixmala (RBCC). Desde lo alto de sus suaves lomeríos se alcanzan a ver, hacia el oeste, el azul del Océano Pacífico, y hacia tierra firme, una extensa cobertura vegetal en estado de conservación excepcional, que se conoce como *bosque tropical caducifolio,* o *selva seca*. Se trata de un ecosistema tropical único, caracterizado por su clima marcadamente estacional. Este bosque se distribuye en México principalmente a todo lo largo de la costa del Pacífico, desde el sur de Sonora hasta Chiapas. En este ecosistema los árboles no son enormes como en las selvas tropicales lluviosas del lado del Golfo de México o como en el Amazonas, sino que apenas alcanzan entre 4 y 15 metros de alto. Además de su extraordinaria riqueza biológica, este ecosistema cambia su aspecto de manera sorprendente en relación con el patrón estacional de la lluvia. Durante la época de sequía, la mayoría de las plantas tiran sus hojas y permanecen sin follaje, pero con la llegada de las lluvias, en el verano, el paisaje se transforma al asomarse de nuevo las hojas de los árboles y demás plantas. Esta maraña vegetal cambiante ha sido el centro de nuestra investigación ecológica, con un enfoque ecosistémico, durante las últimas cuatro décadas.

Para comprender dicho trabajo, es necesario recordar que la ecología, como disciplina científica, surge del análisis de la relación entre los organismos y su ambiente. Por muchos años la ecología estuvo dominada por un enfoque de investigación centrado en los individuos, y se dedicaba principalmente a analizar los factores que determinan la distribución y abundancia de las especies, así como la estructura y dinámica

Vista panorámica del bosque tropical caducifolio de la Estación de Biología Chamela, en la costa de Jalisco, durante la época de lluvias. Aquí se lleva a cabo nuestro proyecto de investigación de largo plazo. Los sitios de estudio se distribuyen en los lomeríos que se aprecian al fondo. Fotografía: Alberto Búrquez M.

de las comunidades que éstas conforman, estudiando lo que se conoce como la "historia natural" del mundo biológico.

Con el surgimiento de la teoría de sistemas (que entiende al sistema como un conjunto de elementos en interacción) propuesta por Karl Ludwig von Bertalanffy a inicios del siglo pasado, y su posterior incorporación a la ecología, los ecólogos comenzaron a estudiar los fenómenos biológicos a escalas superiores al nivel del individuo; es decir, centraron su atención en el estudio de procesos funcionales a nivel del ecosistema. El concepto de *ecosistema* lo propuso Arthur G. Tansley en 1935 para referirse a un nivel de organización de la naturaleza en el que la interacción entre los elementos bióticos (los seres vivos) y los abióticos (atmósfera, suelo, agua) que lo conforman hace que fluya la energía y circulen los nutrientes. Este enfoque llevó a lo que hoy conocemos como la *ecología de ecosistemas,* que se centra en investigar los procesos o engranajes que hacen funcionar a un ecosistema en diferentes escalas de tiempo y espacio. De esta forma se estudian la materia orgánica y los elementos químicos que la componen (N, P, Ca, Mg, K, entre otros; ver *La tabla periódica de la vida* en *Oikos*= 16: tanto sus almacenes como sus ciclos, así como el movimiento del agua que siempre acompaña a estos flujos.

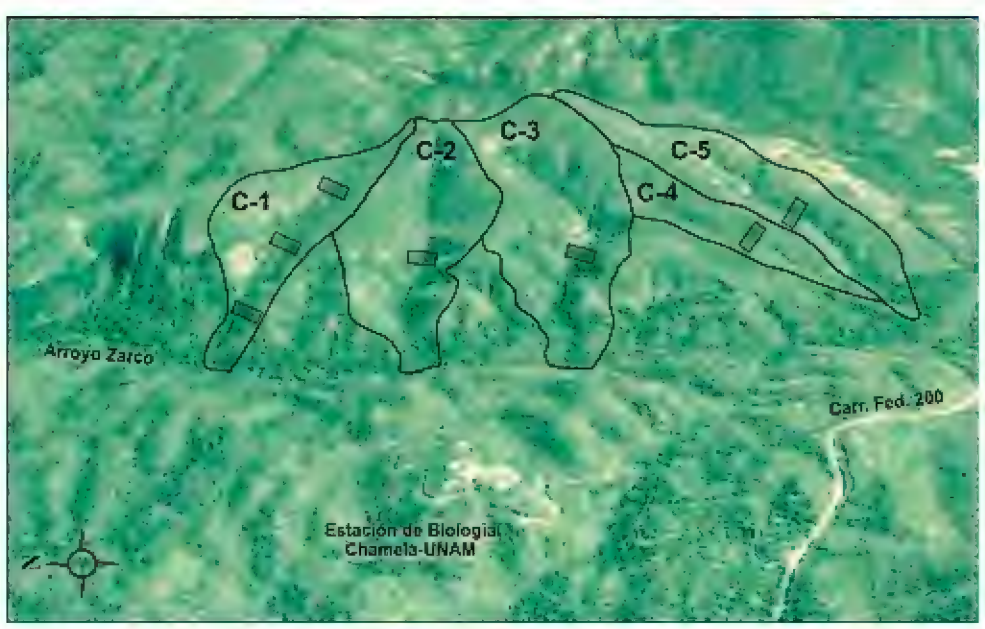
La investigación sobre procesos ecosistémicos en las comunidades terrestres de México inició formalmente a principios de los años 1980, con estudios cuantitativos sobre hidrología, productividad primaria y ciclos de nutrientes en bosques tropicales y templados. La presencia de estaciones de campo en algunas Áreas Naturales Protegidas de México fue un detonador importante de la investigación ecológica, tanto descriptiva como experimental, con un enfoque ecosistémico.

De manera continua y progresiva se fueron incorporando nuevas metodologías de muestreo y análisis. Por ejemplo, surgieron herramientas de percepción remota, registradores automáticos de variables ambientales (temperatura, humedad, viento, etc.) en tiempo real, medidores de intercambio de gases (dióxido de carbono y vapor de agua) y técnicas de isotopía estable, entre otras técnicas que han permitido integrar el seguimiento y la evaluación de diferentes variables ambientales y biológicas en diversas escalas espaciales y temporales. Con ello se han podido estudiar con mucho más detalle los factores que regulan la dinámica hidrológica y los flujos de carbono y otros elementos minerales en el ecosistema.

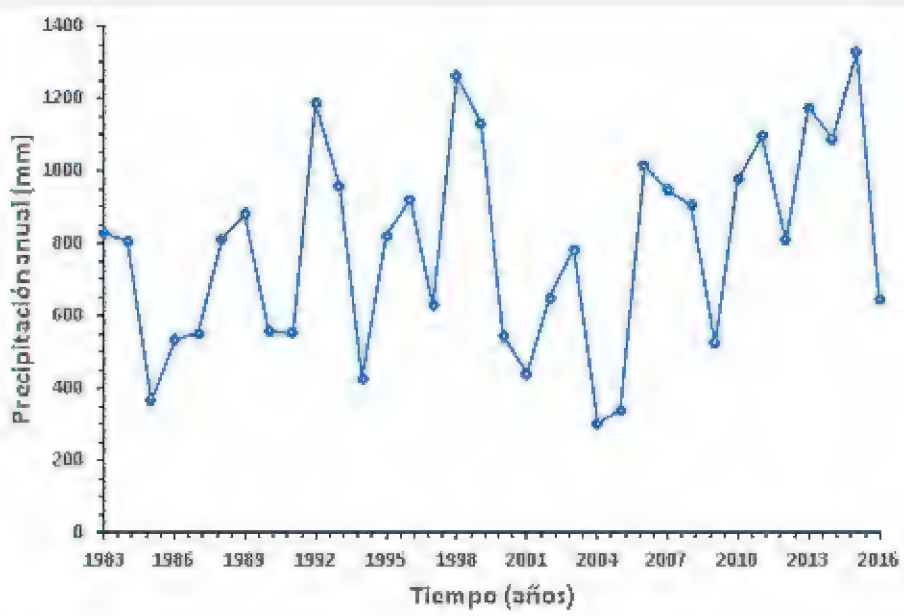
Un antecedente importante del estudio de procesos ecológicos desde la perspectiva ecosistémica en México fue cuando, en 1982, diseñamos un proyecto de investigación sobre el funcionamiento del bosque tropical caducifolio con un enfoque a largo plazo, en la Estación de Biología Chamela (EBCh) de la Universidad Nacional Autónoma de México. Con el apoyo de dos reconocidos investigadores del área de ecosistemas (el Dr. Wayne Swank del Laboratorio Hidrológico de Coweeta del Servicio Forestal de los Estados Unidos, experto en el estudio de procesos a nivel de cuenca, y el Dr. Carl Jordan de la Universidad de Georgia, especialista en la biogeoquímica de los bosques tropicales del Amazonas) elegimos un área dentro de la reserva para la ejecución del proyecto (ver *El Dr. José Sarukhán a 40 años de su regreso al país: su vena ecosistémica*).

Desde su formulación, nos planteamos las siguientes preguntas de investigación: 1) ¿Cómo está estructurado y cómo funciona el bosque tropical caducifolio?, 2) ¿Qué impacto tienen las actividades productivas en los procesos del ecosistema, es decir en el engranaje que mantiene funcionando al ecosistema?, 3) ¿Cómo se recupera el ecosistema después del abandono de las actividades productivas?

Al inicio del proyecto, se conocía más sobre la composición de especies de plantas y animales del bosque de Chamela que de su estructura, y se sabía aún menos



Los lomeríos que se estudian en la Estación de Biología Chamela comprenden cinco pequeñas cuencas hidrográficas (C1-C5), de entre 12 y 28 hectáreas de extensión. Las cuencas se encuentran 2 km al oriente de las instalaciones de la estación. Los rectángulos en el interior de cada cuenca son parcelas de monitoreo permanente de procesos del ecosistema (medimos flujo de materia orgánica, agua y nutrientes). Imagen: Alberto Búrquez M.



Variación de la precipitación anual en la Estación de Biología Chamela de la UNAM en la costa de Jalisco, México. Imagen: Angelina Martínez Y., con datos de Manuel Maass y Raúl Ahedo.

Vista del bosque tropical caducifolio de Chamela durante la estación seca. Se puede apreciar el cambio drástico en los colores y el follaje de una temporada a otra. Fotografía: Adolfo Montes Medina.

sobre los diversos procesos ecológicos que determinan su funcionamiento (productividad, ciclos de agua y nutrientes) y sobre cómo cambian dichos procesos a través del tiempo. Este lugar de México es uno de los sitios que albergan una mayor diversidad de plantas vasculares de bosque tropical caducifolio en el mundo, con más de 1,000 especies (entre ellas árboles tan importantes como el barcino, el iguanero y el cuachalalate). Es por ello que ha sido el foco de atención de numerosos estudios sobre su flora, fauna e interacciones, así como sobre el papel regulador de la lluvia en su dinámica funcional.

El bosque ubicado en la EBCh forma parte de la zona núcleo de la Reserva de la Biósfera Chamela-Cuixmala, que comprende un total de 13,142 ha. Está rodeada por ejidos que ejercen una fuerte presión de cambio de uso del suelo, por el aprovechamiento de los recursos naturales (ver De la selva baja caducifolia al cultivo de hortalizas en Oikos= 7) y por los desmontes para la siembra de forrajes para el ganado o para el cultivo de maíz de subsistencia, de hortalizas y de árboles frutales.

El bosque tropical caducifolio predomina en los lomeríos de la EBCh, mientras que en los arroyos de curso temporal se desarrolla un bosque tropical subcaducifolio que es aún más diverso y de mayor talla. El clima de Chamela, como en toda área de distribución del bosque tropical caducifolio en el mundo, tiene un patrón de lluvias marcadamente estacional. Cada año se presenta un período de lluvias, de junio a octubre, durante el cual, se registra en promedio el 87% de la precipitación anual (788 mm, de 1983 a 2016), seguido por un período variable de 4 a 6 meses de sequía. La cantidad total de lluvia también es muy variable entre años; en las últimas tres décadas ha fluctuado entre 340 y 1,329 mm.

De manera ininterrumpida, desde hace 35 años y hasta el día de hoy, hemos registrado los procesos que rigen el funcionamiento del bosque en cinco pequeñas cuencas hidrográficas dentro del área de estudio, que no han sido transformadas por el ser humano. Así es como nos ha sido posible analizar con sumo detalle la forma en la que el ciclo del agua (precipitación, evaporación, escorrentía) varía cada año, cuánta materia orgánica produce la vegetación (técnicamente conocido como productividad primaria) y cuánta regresa al suelo (la caída de hojarasca se cuantifica con el uso de trampas especiales para este propósito, y la biogeoquímica del bosque, es decir, cómo se mueven los nutrientes entre la atmósfera, la vegetación y el suelo.

Actualmente sabemos que el inicio de la época de lluvias es marcadamente regular, alrededor del 13 de junio (varía un máximo de 23 días respecto al promedio), y que su final, aunque ocurre alrededor del 8 de noviembre, es mucho más variable, ya que se llega a desviar casi tres meses del día promedio. También sabemos que procesos como el crecimiento de los tallos y de las raíces, la producción y la caída de las hojas, la liberación de nutrientes por la descomposición de la materia orgánica y la manera en que el nitrógeno del suelo se transforma (ver *La cascada del nitrógeno ocasionada por actividades humanas* en *Oikos=* 16), están fuertemente acoplados a la estación de lluvias. Aprendimos que las lluvias extemporáneas, es decir aquellas que se presentan durante los meses de sequía, cambian el ritmo periódico (la fenología) del bosque, ya que detonan un segundo pulso de formación de hojas, el bosque se vuelve a cubrir de verde y su productividad aumenta en esos años. Es decir, el ecosistema del bosque seco es muy sensible al patrón de distribución de las lluvias durante el año.

Documentar por tantos años, de manera ininterrumpida, las diversas variables funcionales del bosque; particularmente la productividad primaria, la descomposición de la materia orgánica y los ciclos de nutrientes, así como la variabilidad de la precipitación, ha sido crucial para entender el efecto de eventos climáticos extremos como sequías, lluvias extemporáneas y huracanes, y las respuestas del bosque a estos disturbios naturales. Recientemente, dos huracanes de distinta intensidad afectaron la región de Chamela: Jova, de categoría 2, en 2011 y Patricia, de categoría 4, en 2015 (ver *Huracanes, sequías y heladas: eventos climáticos extremos en México* en *Oikos*= 15). Nuestro estudio del comportamiento del bosque, con datos de más de tres décadas, nos permitió analizar y contextualizar ecológicamente los cambios que estos dos huracanes causaron a su estructura y, en consecuencia, al flujo de energía y al ciclo de nutrientes. Por ejemplo, además del derribo de árboles y rompimiento de numerosas ramas, los fuertes vientos y la lluvia de los dos huracanes causaron un desprendimiento masivo de hojas y ramitas, y con ello un aumento considerable en el aporte de materia orgánica (de 4 a 10 veces más que en años sin huracán) y de nutrientes al suelo. Los años que siguieron a Jova fueron muy húmedos (entre 30 y 40% por arriba del promedio anual de precipitación) y con lluvias durante la sequía, que permitieron una rápida recuperación del bosque: el dosel se cerró nuevamente gracias al vigoroso rebrote de los árboles dañados por el huracán. En cambio, a un año del huracán Patricia, la recuperación fue más lenta, y la productividad se redujo en un 50% con respecto a la de los años previos, lo que se explica en parte por la baja precipitación, que en ese año fue 20% menor al promedio anual.

Trampa colocada en el interior de la selva para estimar la producción de hojarasca. En cada sitio de muestreo se instalaron 24 de estos colectores, 12 por ladera. La fotografía muestra el estado de la selva en la época de sequía. Fotografía: Angelina Martínez Y.

De forma paralela, investigadores asociados al proyecto se fueron incorporando al esfuerzo por entender la dinámica funcional del bosque tropical caducifolio y su respuesta a los efectos de su manejo y transformación causada por actividades humanas (desmontes, pastoreo, siembra de pastos y cultivos). Estos trabajos han permitido diagnosticar la sensibilidad de los componentes ecológicos y de los grupos sociales al cambio de uso de suelo y a la variación climática recientes. Buscamos que esta información sea útil para, a través de acciones de manejo del bosque y sus recursos, reducir la vulnerabilidad del ecosistema y de sus pobladores a estos dos factores de cambio global.

Hoy en día, el Grupo Chamela de la Red Mexicana de Investigación Ecológica de Largo Plazo (Mex-LTER), con sus más de 20 investigadores, técnicos académicos asociados y medio centenar de tesistas de licenciatura y posgrado, se reconoce como uno de los esfuerzos de investigación científica de corte ecosistémico más sólidos y longevos sobre los bosques tropicales secos del mundo. Colectivamente hemos podido evaluar las condiciones actuales que pueden aumentar o disminuir la capacidad de respuesta del ecosistema a la variabilidad climática y al cambio de uso del suelo, entender mejor el entorno regional y aportar herramientas teórico-conceptuales para el manejo y la conservación del bosque en el largo plazo.

Agradecimientos

A Enriquena Bustamante, Raúl Ahedo, Salvador Araiza, Maribel Nava, Georgina García y Abel Verduzco por su apoyo técnico durante todos estos años. A CONACYT por el apoyo al proyecto 179045 y a PAPIIT-UNAM por el apoyo a los proyectos IN20811e IN209117.

Angelina Martínez Yrizar tiene un doctorado de la Universidad de Cambridge, Inglaterra. Es Investigadora Titular B del Instituto de Ecología, UNAM, Unidad Hermosillo. Es experta en ecología de ecosistemas y desde 1980 realiza investigaciones sobre el funcionamiento de los ecosistemas desérticos y tropicales secos de México.

José A. Sarukhán Kermez es investigador emérito del Instituto de Ecología de la UNAM. Estudió biología en la Facultad de Ciencias de la UNAM e hizo su doctorado en la Universidad de Gales, Reino Unido. Es uno de los mayores impulsores de la ecología y la investigación en México, y se ha hecho acreedor a múltiples premios y reconocimientos nacionales e internacionales y también fue Rector de la UNAM, Presidente de la Sociedad Botánica de México. Sus líneas de investigación son la ecología de poblaciones de plantas, ecología de ecosistemas y manejo de cuencas, conservación de la biodiversidad y restauración ecológica, entre otras. Actualmente es Coordinador Nacional de CONABIO.

Victor J. Jaramillo tiene un doctorado de la Universidad Estatal de Colorado, EUA. Es investigador Titular C del Instituto de Investigaciones en Ecosistemas y Sustentabilidad de la UNAM, Campus Morelia. Por más de 20 años, ha realizado investigaciones en ecosistemas tropicales secos de México, a diferentes escalas espaciales y temporales, sobre la importancia de la disponibilidad de agua y cambio de uso del suelo sobre procesos biogeoquímicos.

Manuel Maass realizó sus estudios de doctorado en la Universidad de Georgia, EUA. Es Investigador Titular C del Instituto de Investigaciones en Ecosistemas y Sustentabilidad de la UNAM, Campus Morelia. Es experto en ecología de ecosistemas tropicales secos de México, y ha hecho estudios sobre los flujos de agua en el ecosistema y los procesos sociales asociados a su utilización. Se ha centrado en coordinar información a nivel de cuenca para detonar procesos de manejo sustentable de los ecosistemas de México.

Para saber más

• Álvarez-Yépiz, J. C. y A. Martínez-Yrízar. 2015. Huracanes, sequías y heladas: eventos climáticos extremos en México. *Oikos*= 15: 6-11. http://web.ecologia.unam.mx/oikos3.0/.

• Búrquez, A. y A. Martínez-Yrízar. 2010. Los ecosistemas desde el aire. Revista *¿Cómo ves? 141*: 22-24.

•Maass, M. M. y Martínez Yrízar, A. 1990. Los ecosistemas: origen e importancia del concepto. Revista *Ciencias*. No. Especial 4: 10 21.

• Maass, M., A. Martínez-Yrízar, y J. Sarukhán. 2010. En: Carabias, J. et al. (coords.). *Patrimonio Natural de México. Cien casos de éxito*. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. México: 218-221.

Xochimilco y sus chinampas: lecciones del sismo del 19 de septiembre, 2017

Patricia Pérez Belmont, Lakshmi Charli Joseph, Elsa Valiente Riveros y Marisa Mazari Hiriart

Xochimilco es una zona de grandes contrastes donde convergen diferentes dimensiones que van de lo rural a lo urbano, de la conservación de los recursos naturales a su explotación y de lo ancestral a lo moderno. La heterogeneidad del paisaje de Xochimilco —un área periurbana de la Ciudad de México— es resultado de las actividades agrícolas tradicionales que persisten desde tiempos prehispánicos en forma de chinampas, porciones de tierras inmersas en un humedal. Este humedal se ve modificado no sólo por dichas actividades, sino por la presión del crecimiento urbano de una de las ciudades más grandes del mundo.

Los espacios en donde se dan relaciones estrechas entre los humanos y la naturaleza a diferentes escalas se conocen como *sistemas socio-ecológicos*; Xochimilco es uno de estos sistemas en los que la fragmentación del tejido social y del paisaje lo ha llevado a una situación actual de alta vulnerabilidad, desde el punto de vista biofísico y sociocultural. Esta vulnerabilidad se puso en evidencia a partir del evento sísmico del 19 de septiembre de 2017 y ha llamado la atención de académicos, sociedad civil, sector privado y gobierno, quienes han demostrado su voluntad para apoyar en la recuperación y restauración de la zona. Sin embargo, es importante replantear la búsqueda de acciones que conduzcan a este sistema socio-ecológico hacia trayectorias sostenibles.

Importancia ecológica y económica de las chinampas de Xochimilco

La zona periurbana de Xochimilco comprende áreas semi-urbanizadas y diversos pueblos con vocación agrícola, entre ellos Xochimilco, Santa Cruz Acalpixca, San Gregorio Atlapulco y San Luis Tlaxialtemalco, así como lo que queda del sistema de lagos y canales de la cuenca de México. Las chinampas son la principal

Denominaciones nacionales (verdes) e internacionales (azules) del sistema socio-ecológico de Xochimilco y de su humedal. Imagen: Patricia Pérez Belmont.

Los canales son las vías comunes de transporte para esta comunidad de Xochimilco, que se desarrolla entre la tierra y el agua. Aquí podemos ver una escena tradicional de un chinampero que cultiva flores llevando su mercancía para vender. Fotografía: Rocío Brito García.

forma de cultivo de la región, cuyo sistema de aprovechamiento y acoplamiento con el entorno biofísico, ha demostrado ser un ejemplo de agricultura sostenible y uno de los sistemas agrícolas más productivos del mundo. Las chinampas han logrado persistir en la actualidad gracias a su importancia ecológica y cultural, y desde 1971 han recibido —junto con el humedal de Xochimilco— reconocimientos y denominaciones a nivel nacional e internacional, como se ilustra en la Figura 1, con el fin de favorecer su conservación y resaltar su importancia, no solo para los habitantes de México, sino a nivel mundial.

El Servicio de Información Agroalimentaria y Pesquera (SIAP), en su edición de 2017, indica que la producción agrícola en las chinampas —ya sea por métodos tradicionales o a través de formas tecnificadas como los invernaderos— generó una derrama económica de aproximadamente 312 millones de pesos para la Ciudad de México en 2016. Económicamente, es la segunda delegación con mayor valor de producción agrícola después de Milpa Alta (855 millones de pesos), y eso sin contar el valor de la producción de la floricultura.

Además de proveer alimentos principalmente a los habitantes de la Ciudad de México, y ser una fuente importante

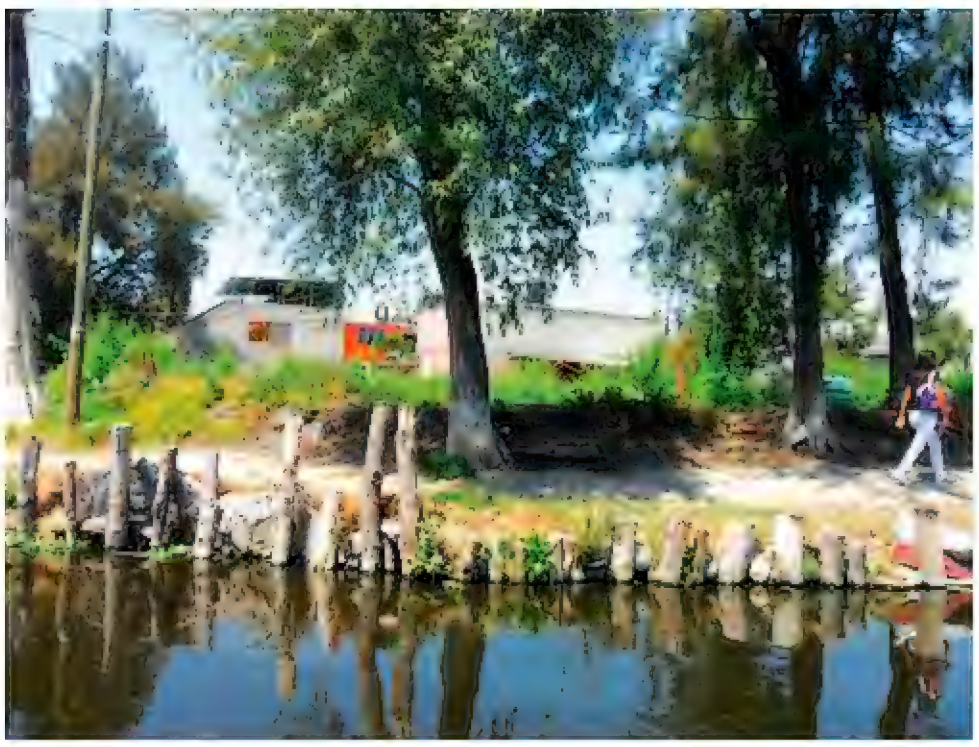
Mapa que muestra el área de transición entre la zona montañosa (sur) y las chinampas (norte). Se señalan con flechas las zonas en las que coinciden la vulnerabilidad física y social a la fractura del terreno por sismos (sombreadas en rojo y vino), los sitios de fracturamiento o hundimientos (puntos verdes) y las líneas de fracturas (en rojo). Imagen tomada de http://bit.ly/2uQoMsT

de recursos económicos para sus pobladores, otro de los servicios que destacan de este sistema socio-ecológico es la provisión de agua subterránea para abastecer a la zona metropolitana de la Ciudad de México. La región tiene pozos que van de los 180 a los 300 m de profundidad que se recargan principalmente en los alrededores o en la periferia de las zonas de la ciudad que han sido destinadas para la conservación (llamadas oficialmente Suelo de Conservación). Esta demanda de agua para la ciudad ha llevado a la sobreexplotación de los acuíferos que, aunada a la urbanización, ocasiona hundimientos diferenciales de entre 30 y 40 cm/año en la zona.

Geológicamente, Xochimilco se encuentra en una zona donde convergen dos tipos de materiales: los volcánicos y los materiales de relleno del lago. Cuando estos dos tipos de material hacen contacto, se pueden formar lo que se conoce como planos de debilidad; es decir, que las capas de material pueden desplazarse. En el caso de Xochimilco, los planos de debilidad se distribuyen de manera diferente a lo largo del pie de monte, formando una zona de transición entre la base de la montaña y la zona lacustre. Es en estas zonas de transición en donde se presentan grietas que se encuentran distribuidas tanto en la base de la ladera de la Sierra de Santa Catarina (Iztapalapa y Tláhuac), como en la base de la Sierra del Chichinautzin (Xochimilco y San Gregorio Atlapulco). El agrietamiento también se ve favorecido por la extracción de agua y los hundimientos, ya que se han observado desplazamientos horizontales y verticales del terreno de entre 30 y 40 centímetros en promedio. Por lo anterior, tanto las grietas como las formaciones rocosas contribuyen a la vulnerabilidad física de la zona. Estas variaciones en la solidez del terreno pueden repercutir en las viviendas construidas de manera precaria e irregular, así como en la zona chinampera, tanto en canales como en zonas de cultivo.

La región también ha experimentado una importante transformación del uso de suelo agrícola de las chinampas a uso habitacional, relacionada con factores como el abandono de las prácticas agrícolas, la creciente demanda de espacios de vivienda y la falta de mercado para los productos chinamperos. Estos nuevos asentamientos humanos irregulares (AHI) generalmente se encuentran dentro del Suelo de Conservación en Xochimilco, afectando las condiciones naturales del sitio y favoreciendo el avance de la mancha urbana. La ocupación de los AHI abarca aproximadamente 275 ha de las 2,522 ha que forman parte del Área Natural Protegida (ANP), sin contar aquellas que se encuentran dentro del Suelo de Conservación en el resto de la demarcación. Los habitantes de estos asentamientos suelen ser familias de los pueblos originarios, pero también hay trabajadores agrícolas o jornaleros procedentes de otros estados de la república que buscan oportunidades de trabajo en la capital del país.

Inicialmente los AHI carecen de servicios, pero con el tiempo van logrando un mayor grado de consolidación: primero, las viviendas se adaptan para tener ciertos servicios; un ejemplo son las conexiones clandestinas a los transformadores de energía eléctrica y a las fuentes de agua limpia. Después, conforme los asentamientos crecen, su consolidación puede lograrse, por ejemplo, al negociar con las autoridades la prestación de servicios y la regularización a cambio de sufragios. En general, las construcciones de los AHI son frágiles, ya que se encuentran en suelos poco aptos para el uso habitacional. Por su cercanía con las orillas de los canales con agua de dudosa calidad, la falta de instalaciones sanitarias adecuadas y de suministro de agua para uso y consumo humano, en los AHI se potencian condiciones de vulnerabilidad social que derivan en enfermedades crónicas en adultos mayores, falta de espacios educativos para la población infantil y juvenil, entre otros. A esta situación se le suman, también, problemas derivados de la desarticulación institucional, políticas públicas que sólo atienden demandas puntuales e inmediatas, y corrupción.



Chinampa transformada para uso de suelo habitacional, en el Barrio de La Santísima. Agosto de 2012. Fotografía: Patricia Pérez Belmont.

Xochimilco y la situación post-sismo

El sistema socio-ecológico de Xochimilco presenta una alta vulnerabilidad social y biofísica que está relacionada con procesos de urbanización, erosión del tejido social, activismo político y sobreexplotación de los recursos, entre otros. Debido a esto, la capacidad para responder ante fenómenos naturales como el sismo ocurrido en septiembre de 2017 se ha visto afectada. Por esta razón, es importante replantear el enfoque de los proyectos de recuperación, de la implementación de políticas públicas y de la investigación científica. Estos enfoques deben orientarse a concretar transformaciones en el sitio que incluyan una visión a largo plazo, de modo que se le permita al sistema responder mejor ante condiciones futuras de estrés, manteniendo su funcionamiento en un contexto de sostenibilidad.

La Asociación REDES (Restauración Ecológica y Desarrollo A.C. http://www.redesmx.org/) ha trabajado desde hace 10 años, junto con productores chinamperos, en la conservación de la región mediante la reactivación de la chinampería bajo esquemas agroecológicos. Al observar los impactos del sismo en las chinampas, REDES apoyó en las tareas de recuperación para los afectados del sismo y realizó una encuesta con el apoyo del grupo de Monitoreo Ambiental del LANCIS-IE-UNAM (coordinado por la Dra. Marisa Mazari), de la Unidad de Análisis Ambiental (coordinado por C. Ponce de León, Facultad de Ciencias, UNAM) y de grupos voluntarios (www.xochimilkids.com y www.natoure.org). La finalidad de esta encuesta fue identificar los daños causados por el sismo y profundizar tanto en el análisis como en la propuesta de acciones para recuperar la zona, por lo que se aplicaron cuestionarios a 200 familias que habitan en chinampas dentro del Suelo de Conservación. Entre los resultados que destacan se encuentra el hecho de que la mitad de las familias no realizan actividades relacionadas con la agricultura o las chinampas, y que la mitad mencionaron estar dispuestas a cambiar su lugar de vivienda a sitios fuera de las chinampas, en caso de presentarse la oportunidad. Aunque la encuesta se realizó únicamente a habitantes de la zona chinampera de San Gregorio Atlapulco, reveló que las familias se perciben en una situación de evidente vulnerabilidad, al punto de mostrarse dispuestas a migrar fuera del Suelo de Conservación. Esta nueva percepción de las familias podría ser una ventana de oportunidad para atender la problemática derivada de la presencia de asentamientos humanos dentro del ANP.

Pueblos como el de San Gregorio Atlapulco recibieron mucho apoyo de la ciudadanía durante los días inmediatos al sismo, principalmente con acopios de alimento, agua, ropa y algunos materiales para la reconstrucción. Con la inminente necesidad de vivienda para las familias que perdieron su casa durante el sismo o que la tuvieron que demoler por el riesgo que representaban, comenzaron algunas tareas de reconstrucción de viviendas, sin importar que éstas se encontraran dentro del ANP, en donde el uso de suelo habitacional está prohibido. La reconstrucción en suelo chinampero ha continuado sin ninguna planeación aparente y resultó en una controversia ya que, por un lado, es indispensable proveer de vivienda a las personas afectadas y, por otro, existe la condición de ilegalidad de la construcción de viviendas dentro de la ANP. Para evitar un impacto ecológico mayor, se instalaron algunas viviendas "ecológicas" construidas con materiales de bajo impacto como la tabla-roca, pero que en general no son aptas para las condiciones climáticas de la región y no contaron con un equipamiento adecuado en cuanto a los servicios básicos de vivienda. Otras casas incluso se reconstruyeron utilizando nuevamente materiales diseñados para suelos urbanos, como el concreto.

A raíz de esta reconstrucción han surgido muchas preguntas. ¿Es correcto permitir y propiciar que las familias se queden dentro de un área de conservación, que además es de alta vulnerabilidad física, como lo confirmó el reciente sismo?, ¿se debe permitir la reconstrucción con casas "ecológicas" que provean de cobijo sin comodidades, pero cuyo impacto al ecosistema sea menor?, o bien, ¿lo correcto es reubicar de manera planificada para ofrecer calidad de vida y al mismo tiempo preservar las últimas hectáreas que constituyen un patrimonio natural, cultural y agrícola de todos los mexicanos?, ¿cómo plantear este tipo de intervenciones sin generar conflictos sociales?

Es claro que al reemplazar las viviendas de las chinampas la urbanización de las mismas continuará irremediablemente, y en el caso de que eventualmente se permita de manera legal la vivienda dentro o en los límites del ANP de Xochimilco, deben considerarse una serie de lineamientos que se adapten a las características del sitio. Responder a estas preguntas no es sencillo, pero es importante que en la búsqueda de las respuestas se consideren nuevas formas de intervención y nuevas conceptualizaciones de cómo lidiar con esta compleja problemática.

Hacia la sostenibilidad en Xochimilco; investigaciones en el LANCIS

Si bien la zona ha sido ampliamente estudiada desde diversas disciplinas y esto ha dado como resultado numerosos diagnósticos

Grieta en suelo y viviendas de la zona chinampera de San Gregorio Atlapulco. Septiembre 22, 2017. Fotografía: Marisa Mazari Hiriart.

y esfuerzos enfocados hacia el manejo, control e intervenciones, la tendencia del sistema socio-ecológico hacia el deterioro continúa aceleradamente. La situación actual del Xochimilco periurbano ilustra las características de lo que en sostenibilidad se denomina un *problema perverso*; es decir, es un problema complejo y urgente que no posee una solución única ni directa. No obstante, también es un espacio donde se pueden identificar oportunidades para trabajar de diferentes maneras y contribuir a procesos de cambio más profundos.

El enfoque del programa de investigación Transformaciones hacia la Sostenibilidad (en inglés: *Transformations to Sustainability*) explora cómo en los sistemas socio-ecológicos con trayectorias no sostenibles, se pueden analizar y diseñar procesos que impulsen cambios más radicales o profundos hacia estados deseables y más sostenibles. En 2012 en un artículo publicado en *Progress in Human Geography,* Karen O'Brien los caracterizó como "cambios no incrementales que involucran modificaciones fundamentales en los sistemas socio-ecológicos". Un elemento esencial de las transformaciones hacia la sostenibilidad es el trabajo a nivel cognitivo; es decir, con la forma en la que la gente percibe y concibe la situación y los factores que la generan. Mientras los diversos actores implicados (aquellos que tienen interés y atribución en la zona) sigan conceptualizando la problemática de la misma forma, será difícil proponer acciones e instituir prácticas innovadoras que logren romper la inercia del *statu quo* (el estado actual de las cosas) y las tendencias de degradación socio-ecológica.

En el futuro es necesario diseñar e implementar procesos participativos, mediante los cuales se fomente una nueva manera de explorar las diferentes formas de relación entre los actores sociales del sistema; desde cómo perciben su papel y su forma de actuar dentro del sistema socio-ecológico, hasta cómo conciben las relaciones causales entre los componentes de dicho sistema: la sociedad y su medio ambiente. Por ejemplo, si la urbanización se sigue percibiendo como un motor de cambio que viene únicamente del exterior, y por lo tanto es ajeno a cualquier transformación interna en la zona, las acciones colectivas que puedan desarrollarse para lograr el bienestar de las comunidades del sistema socio-ecológicos tendrán poco impacto.

En el Laboratorio Nacional de Ciencias de la Sostenibilidad (LANCIS) del Instituto de Ecología de la UNAM, estamos realizando investigaciones que utilizan el enfoque de transformaciones hacia la sostenibilidad para impulsar el desarrollo sostenible del sistema socio-ecológico de Xochimilco. Uno de los proyectos en esta línea de investigación es el Laboratorio de Transformación en Xochimilco, Ciudad de México (T-Lab - Laboratorio de Transformación) en el humedal de Xochimilco. El proyecto busca crear un espacio de

participación, para entender cómo es que determinados actores clave para Xochimilco podrían impulsar procesos de transformación al identificar su agencia individual; es decir, su propia capacidad como individuos, para actuar y movilizar conocimientos, valores, colaboraciones, experiencias, o mecanismos de participación humana de cualquier índole, y de este modo construir una posible futura agencia colectiva; para que la agencia individual se convierta en un esfuerzo colectivo articulado. A través de métodos transdisciplinarios que tratan de incluir a actores no académicos en el proceso de la investigación científica (ver *Sistemas productivos: microorganismos, suelos y sostenibilidad* en *Oikos*= 18), el proyecto T-Lab intenta fomentar en los actores la reconceptualización de la problemática de Xochimilco como una situación que, al final, sumada a algunos eventos detonantes como el sismo, ha propiciado la colaboración entre algunos de los participantes implicados, para llevar a cabo tareas de forma colectiva.

Otro de los proyectos del LANCIS aborda el tema del impacto del cambio de uso de suelo, y la urbanización de las chinampas en el sistema socio-ecológico de Xochimilco. El proyecto se basa en la elaboración de un modelo que incorpora el papel que juegan los actores locales. Para ello se utiliza la Modelación Basada en Agentes, que consiste en simulaciones por computadora en las que el investigador define a los agentes (actores locales), que interactúan en un espacio (que puede representar espacialmente al sistema socio-ecológico) con base en una serie de reglas de decisión. Con esta metodología es posible estimar los cambios en los patrones de comportamiento en el tiempo, tanto de los agentes como del espacio, a nivel individual y colectivo. Este método de investigación permite entender cómo los actores locales y sus decisiones individuales pueden llevar a un proceso colectivo de transformación, que resulta en un cambio en el paisaje, que en este caso se refiere al cambio de chinampas agrícolas a chinampas urbanizadas. De esta manera no sólo se entienden las dinámicas del sistema socio-ecológico a través de las diversas acciones colectivas, sino que también es posible explorar procesos hipotéticos que podrían detonar cambios en la trayectoria del mismo sistema hacia estados más deseables y sostenibles.

Para abordar este tipo de problemáticas tan arraigadas y complejas se requiere experimentar con diversos enfoques teórico-metodológicos. Por ejemplo, en 2008 la Procuraduría Ambiental y del Ordenamiento Territorial del Distrito Federal (PAOT) estimó que el crecimiento poblacional de la Delegación Xochimilco llegará al medio millón de habitantes en 2030. Si consideramos los retos futuros que esto implicaría, es fundamental promover el trabajo transdisciplinario para implementar decisiones social y ambientalmente éticas que permitan el tránsito hacia la sostenibilidad.

Patricia Pérez Belmont es Bióloga y Maestra en Ciencias de la UNAM. Su trabajo se ha centrado en la ecología de humedales continentales, la evaluación de la calidad del agua y el monitoreo ambiental. Ha desarrollado proyectos de ciencia ciudadana y de investigación e implementación de actividades productivas sostenibles para la conservación de los sistemas socio-ecológicos con la sociedad civil, el sector privado y la academia. Actualmente es estudiante de doctorado en el Posgrado de Ciencias de la Sostenibilidad en la UNAM. Su enfoque de investigación es la modelación de sistemas socio-ecológicos periurbanos para explorar vías de sostenibilidad y resiliencia urbana en la Ciudad de México.

Lakshmi Charli Joseph es Bióloga de la UNAM, con una Maestría en Derecho, Gestión y Política Ambientales (UAX) y otra en Planeación y Gestión Ambiental, del Instituto para la Educación del Agua (IHE Delft, Holanda). Es candidata a doctora en el Posgrado en Ciencias de la Sostenibilidad de la UNAM. Labora en el Laboratorio Nacional de Ciencias de la Sostenibilidad (LANCIS), Instituto de Ecología (IE), UNAM como técnica académica en Análisis de Sistemas Socioambientales y se centra en temas de gobernanza del agua y transformaciones hacia la sostenibilidad.

Elsa Valiente Riveros es Bióloga de la UAM y Maestra en Ciencias de la UNAM. Directora y fundadora de la ONG Restauración Ecológica y Desarrollo A.C. Desde hace 15 años su trabajo se centra en la capacitación a usuarios del sistema lacustre de Xochimilco y en la generación de información científica en temas de calidad de agua y suelo, ecología del ajolote (*Ambystoma mexicanum* y *A. granulosum*) y sostenibilidad con metodologías participativas y de ciencia ciudadana (con productores y voluntarios nacionales e internacionales). Su trabajo busca continuar impulsando acciones de preservación de las chinampas y del sistema lacustre de Xochimilco mediante sinergias entre la academia, gobierno y sociedad civil.

Marisa Mazari Hiriart es Investigadora del Laboratorio Nacional de Ciencias de la Sostenibilidad (LANCIS), Instituto de Ecología (IE), UNAM. Coordinadora del Posgrado en Ciencias de la Sostenibilidad. Sus líneas de investigación son el monitoreo ambiental en socioecosistemas, la degradación de sistemas acuáticos y la evaluación ambiental en ecosistemas urbanos y rurales, con especial énfasis en aspectos de calidad del agua y salud ambiental.

Para saber más

• Centro de Geociencias, UNAM - Centro Nacional de Prevención de Desastres (CENAPRED) 2017.

• O'Brien, K. 2012. Global Environmental Change II: From Adaptation to Deliberate Transformation. *Progress in Human Geography* 36(5): 667–676. http://doi.org/10.1177/0309132511425767

• Proyecto "Laboratorio de Transformación (T-Lab) en Xochimilco, Ciudad de México"; Consorcio "STEPS Pathways to Sustainability Global Consortium"-*Hub* Norteamérica (LANCIS-IE-UNAM/Arizona State University).

• Procuraduría Ambiental y del Ordenamiento Territorial del Distrito Federal. 2008. Estudio sobre la zona chinampera y demás afectadas de las delegaciones Xochimilco, Tláhuac y Milpa Alta, por la proliferación de asentamientos humanos irregulares en materia de afectaciones al medio ambiente y el ordenamiento territorial.

Arte para conservar a la vaquita marina

Clementina Equihua Z.

Noviembre de 2017: la Semarnat y los científicos del programa Vaquita CPR anuncian el fin de los trabajos de campo para capturar ejemplares de vaquita, que mantendrían vivos en cautiverio hasta que se retiraran las redes agalleras de la reserva que los protege. Al terminar su temporada de trabajo, el grupo de 90 científicos de nueve países informó que el Comité Internacional para la Recuperación de la Vaquita (CIRVA) dictaría los siguientes pasos a seguir con el fin de proteger a *Phocoena sinus*, la especie de marsopa a la que pertenece la vaquita marina o cochito.

Durante el trabajo de campo, los científicos capturaron a una hembra joven, de unos seis meses de edad, pero fue necesario regresarla al mar porque no podía vivir separada de su madre. También capturaron a una hembra adulta que se encontraba en buenas condiciones de salud pero que, al llevarla a El Nido (refugio de resguardo para los animales capturados) empezó a tener problemas de salud, por lo que el equipo decidió liberarla. Esta hembra murió poco después, de un paro cardiaco. Durante el programa de captura, los científicos reportaron el avistamiento de 32 ejemplares de vaquita (*Phocaena sinus*) a lo largo de los trece días que estuvieron trabajando en el mar. Sin embargo, aclaran que en el número de avistamientos seguramente se habían contado algunos ejemplares repetidos.

La vaquita marina es muy difícil de avistar, y por eso las pocas fotografías que existen de ella en libertad suelen capturarla desde una distancia considerable. Este mismo fenómeno ha llevado a que algunas personas incluso proclamen que la vaquita no existe. Fotografía: SEMARNAT/Vaquita CPR/Jonas Teilmann.

Una vaquita muerta al haber quedado atrapada en una red para pesca de totoaba. Esto sucede porque la vaquita y la totoaba comparten hábitat y son casi del mismo tamaño. Fotografía: Flip Nicklin/Minden Pictures.

La conservación de la vaquita marina tiene muchas aristas. Basta asomarse a lo que publican diariamente los medios sobre el tema para ver las múltiples causas y manifestaciones de este problema: la sobreexplotación pesquera, el tráfico ilegal en una cadena difícil de erradicar (tan solo en abril de 2018 la policía federal encontró las maletas de un ciudadano asiático con 416 buches de totoaba http://bit.ly/2JFkR6J), los problemas sociales (los pescadores, por ejemplo, consideran que las restricciones atentan contra su forma de vida), los altos precios de la totoaba en el mercado negro, las redes abandonadas, el incumplimiento de la ley, etcétera.

Particularmente, el asunto de la muerte de vaquitas en redes arrojadas para pescar totoaba es crítico. La totoaba es un tipo de corvina (*Totoaba macdonaldi*) que los chinos confundieron con la bahaba (*Bahaba taipingensis*) cuando llegaron a asentarse en la región mexicana-estadounidense de la península de California, a principios del siglo XX. La *Bahaba taipingensis* vive en los mares del sur de China y es muy apreciada para platillos de celebraciones especiales y por sus supuestas propiedades medicinales. Los migrantes pensaron que la totoaba y la bahaba eran el mismo tipo de pez, por lo que concluyeron que ambas tenían las mismas cualidades culinarias y medicinales. Debido a la sobrepesca, la bahaba ahora vale su peso en oro y, en

Concha de cerámica en la que se trasportó el cráneo natural de vaquita, durante el performance *Procesión vaquita* para montarlo en su destino final: la escultura *Memorial marsopa* de Patricio Robles Gil. Fotografía: Patricio Robles Gil.

el mercado negro, la vejiga natatoria o buche de totoaba es tan cara, por peso, como la cocaína. En el Golfo de California, el uso de redes agalleras para pescar totoaba es un peligro latente para las vaquitas, ya que con frecuencia quedan atrapadas en ellas y mueren ahogadas.

Para controlar la pesca de totoaba, el gobierno de México declaró la veda permanente desde 1975 y, para prevenir la muerte de vaquitas marinas, en abril de 2015 la SAGARPA prohibió temporalmente el uso de redes agalleras en su hábitat natural, el alto Golfo de California. El 30 de junio de 2017, los organismos internacionales y el gobierno hacen todo lo posible por proteger a la especie. Al mismo tiempo, la sociedad civil también pone su parte, de distinta manera.

Un ejemplo es el de Patricio Robles Gil, conservacionista y artista plástico, quien el pasado 17 de febrero convocó al público general a ser parte del *performance* "*Procesión vaquita*" (http://procesionvaquita.org/). El *performance* consistió en lo que él llamó un "ritual colectivo" al que invitó a artistas, científicos, empresarios, autoridades y familias, quienes formaron una cadena humana flanqueada por niños. Esta cadena transportaría un fragmento de una escultura (*Memorial marsopa*) alusiva a la vaquita, del Museo Tamayo al Museo Nacional de Antropología e Historia. En el vestíbulo de este último recinto se colocó el fragmento de la escultura para completarla, donde permaneció expuesta hasta marzo. El mensaje central del performance fue "hacer un llamado global para que cambiemos lo que estamos haciendo mal y protejamos a las especies de la naturaleza de las que dependemos y que los humanos estamos poniendo en peligro de extinción, para que esta historia no se repita." El organizador estima que participaron alrededor de 1,500 personas. Diversos medios asistieron a cubrir el evento.

La escultura *Memorial marsopa* representa, entre otras cosas, el descuido y la falta de respeto del ser humano hacia los océanos. Está compuesta por cuatro elementos: un cráneo natural de la vaquita marina (que fue transportado en la procesión en una concha de cerámica), dos yugos (uno de mármol y otro de bronce) y una base de cantera. El cráneo es de un animal joven que murió enredado en una red de pesca. Los yugos recuerdan a los que se usaban en entierros mesoamericanos para honrar a personajes importantes. En la escultura, el yugo de mármol rodea y abraza al cráneo; y el yugo de bronce tiene, incrustadas y fundidas en el mismo material, botellas, redes y otros desperdicios humanos recolectados en el Golfo de California.

La iniciativa de Patricio Robles Gil ha sido emulada de muchas formas en distintas partes del mundo. Galerías de arte, jardines botánicos, museos, universidades y muchas organizaciones más se han unido al llamado a proteger a la vaquita y a las muchas especies más que están en peligro crítico de extinción. Los participantes han colocado altares que, más que una expresión religiosa, son una invitación para expresarse y reflexionar acerca de la relación del ser humano con la naturaleza. A esta iniciativa se han sumado grupos mexicanos, alemanes,

estadounidenses y españoles. Sus manifestaciones se pueden ver en la Galería de Altares de la página www.procesiónvaquita.org.

El Instituto de Ecología de la UNAM colaboró de diversas maneras en este movimiento por la vaquita. Además de asistir al performance, colocamos una exposición fotográfica en las rejas de nuestro Instituto y pusimos a disposición del público diversas entrevistas a personalidades de la conservación. En estos videos, los expertos comparten su pensar sobre la situación de la vaquita. Los videos están disponibles en nuestro canal de YouTube.

Lorenzo Rojas Bracho, Coordinador de Investigación y Conservación de Mamíferos Marinos de la CONANP y miembro de Vaquita CPR declaró ante Newsweek que "las vaquitas son animales de muchos recursos, si dejamos de matarlas, se recuperarán". Está en nosotros contribuir a que así sea. Algunas formas son financiando los esfuerzos de Vaquita CPR, apoyando programas más amplios de conservación como el de mares mexicanos de la Fundación Leonardo Di Caprio o participando en los múltiples proyectos de WWF México. Platica con tus amigos y familiares sobre la situación de la vaquita y, en general, sobre la pérdida de biodiversidad en nuestro país y en el mundo. Conviértete en un consumidor responsable. Infórmate respalda aquellos proyectos políticos y sociales que apoyen la investigación científica, protejan nuestros recursos naturales y mucho más. Proteger la biodiversidad de nuestro planeta es un deber moral de nuestra especie.

Clementina Equihua Z. E s bióloga y doctora de la Facultad de Ciencias, UNAM. Como divulgadora de la ciencia ha colaborado en proyectos museográficos para el Museo UNIVERSUM y el Museo Interactivo de Economía (MIDE). Su trabajo editorial incluye publicaciones en revistas arbitradas, de divulgación y periódicos. Actualmente coordina la Unidad de Divulgación y Difusión del Instituto de Ecología.

Para saber más

- CONABIO. Vaquita marina.
- Romeu, E. 1996. La vaquita. CONABIO. Biodiversitas 8: 1-7.
- SEMARNAT. Estamos en el camino correcto para salvar a la vaquita marina. 2017.
- Vivavaquita. La vaquita marina.

Preparación de la exposición temporal que hizo el Instituto de Ecología, UNAM, de fotografías dedicadas a la vaquita marina y a los esfuerzos por protegerla.
Fotografía: Clementina Equihua Z.

Esmeralda Osejo Brito

March Mifsut, Ignacio J., Jorge A. Rickards Guevara y Andrew Rhodes Espinosa (editores). Relatos de Fogata II: Un viaje por las Áreas Naturales Protegidas de México a través de los relatos y aventuras de guardaparques y conservacionistas. 2016. SEMARNAT, CONANP y PNUD. México. 296 pp. http://bit.ly/2u1QJNJ

El pasado es el presente

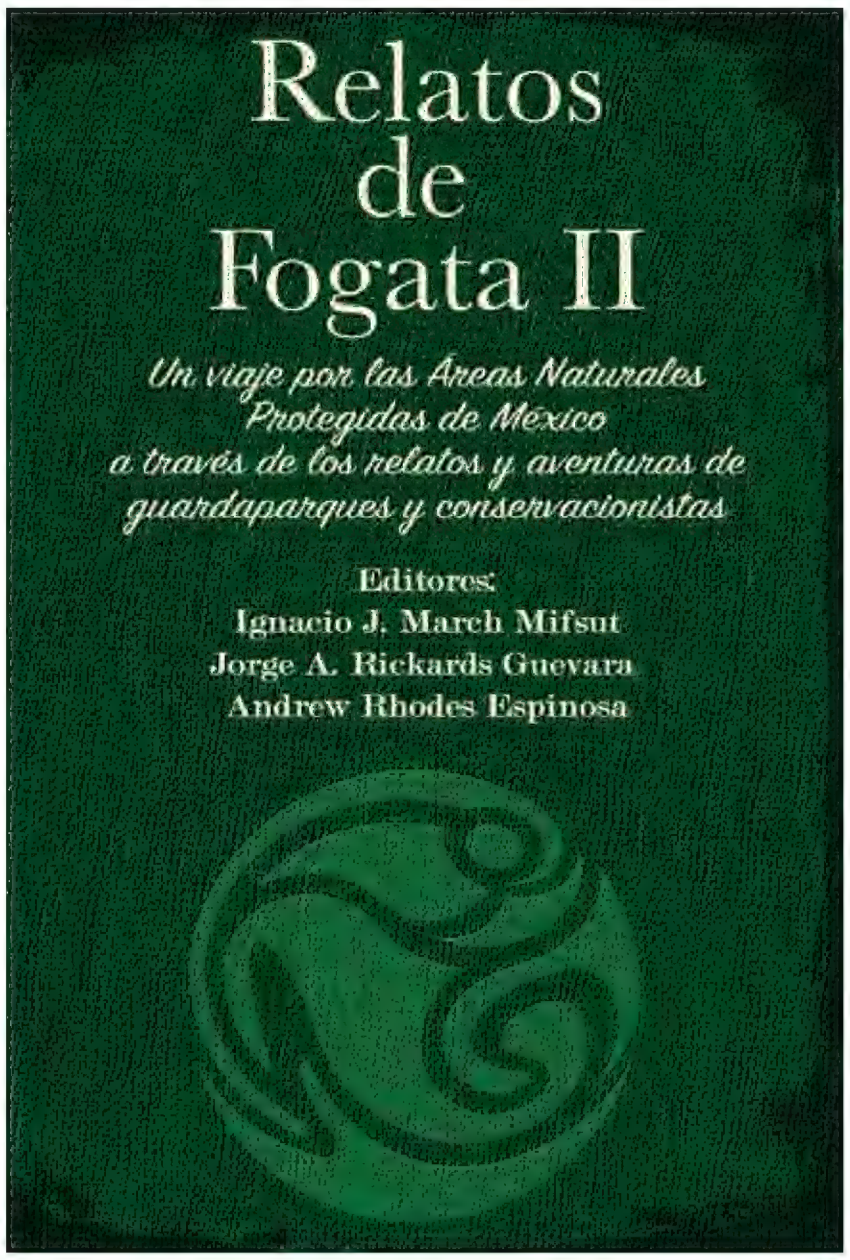
Quienes vivimos en estos tiempos somos herederos de la destrucción ecológica que dejaron nuestros antepasados, y que nuestra generación sigue perpetuando. A nosotros nos queda la encomienda de resarcir el daño y pagar las deudas (enmendar el *karma*, dirían algunos). En las páginas de esta dramática historia desfilan numerosas especies que son testigos silenciosos de nuestras acciones. Las enormes ballenas grises, las tortugas y las vaquitas marinas, que poco a poco se extinguen sin haber podido nunca aspirar a la clemencia; los jaguares, pumas y ocelotes, las zorras grises, los armadillos, los venados, las aves cuyas poblaciones se reducen ante nuestros ojos cada día; las orquídeas que se acercan a su muerte sin siquiera haber sido descubiertas por el ojo humano. Somos nosotros, los humanos, quienes tenemos la capacidad tanto de destruir como de restaurar, y quienes podemos dar voz a quien no la tiene.

El libro *Relatos de Fogata II: Un viaje por las Áreas Naturales Protegidas de México a través de los relatos y aventuras de guardaparques* y conservacionistas está compuesto por 56 narraciones anecdóticas relacionadas con el trabajo de campo en 31 de nuestras Áreas Naturales Protegidas (ANP). Los relatos están repartidos en siete secciones definidas por regiones geográficas del país, y entre los 48 autores hay biólogos, doctores en ciencias, funcionarios públicos, reporteros, guardaparques y muchos más; incluso un experto montañista. Es la segunda parte de la colección *Relatos de Fogata*, cuyo primer volumen, *Relatos de Fogata: Anécdotas y experiencias de biólogos y conservacionistas en el campo*, se publicó en 2012.

Uno se siente cautivado desde que lee los títulos, como si se tratara del índice de un libro de cuentos. Efectivamente, todas las historias son sumamente entretenidas y seguramente no decepcionarán a los lectores. Acompañadas por fotografías y mapas, revelan la gran biodiversidad que aún existe en México, las leyendas asociadas a ciertos lugares y especies, las narrativas de la gente que convive con esta diversidad sobreviviente y las peripecias de quienes se han aventurado a catalogarla.

Es un compendio de anécdotas verídicas que, al contarse en estilo narrativo, se transforman en relatos amenos y agradables. "Sueños anfibios", por ejemplo, de María del Carmen García Rivas, Doctora en Ciencias, bordea en el realismo mágico; nos sumerge en el mundo, la naturaleza y las cualidades de los lobos marinos, y al final hace una transición de nuestro punto de vista al de ellos, a través de la supuesta transformación de la protagonista en su sujeto de estudio. La edición procura respetar el tono de cada autor, llegando a ser muy coloquial en algunos casos, lo que le confiere una cualidad casi oral.

Los relatos compilados en este libro logran abrirnos los ojos a la belleza de una gran cantidad de lugares que, en muchas ocasiones, no sabemos ni siquiera que existen en nuestro país. Tenemos, por ejemplo, el paraje del "Valle de las Burbujas" de la Reserva de la Biosfera El Pinacate y Gran Desierto de Altar, en Sonora. En este extraño lugar, la tierra guarda la memoria de lo que parecen haber sido burbujas gigantes que reventaron en una tierra blanda y dejaron en ella la huella de sus cráteres. Y es debido a su rareza y peculiaridad, precisamente, que la NASA realizará los entrenamientos de sus astronautas para la misión a Marte en 2030



(http://bit.ly/2NxDSu5) en el Campo Volcánico de El Pinacate. Así pues, el libro nos comunica el mensaje de que aún hay grandes misterios ecológicos por resolver y especies por encontrar, pero no podemos lograrlo si no hacemos algo respecto a su conservación.

La viveza de la recreación de atmósferas y situaciones como en el magnífico relato de la noche estrellada en medio del mar luminiscente de la Isla San Esteban en el Golfo de California ("De ballenas e islas"), en que una majestuosa ballena gris nadó justo por debajo de la pequeña panga de tres amigos—, estimula la apreciación estética y el amor del lector, y aviva el deseo de ayudar, de conocer más de estos lugares y sus especies, y de contribuir a su conservación. Todas estas características convierten al segundo volumen de *Relatos de Fogata* en una excelente herramienta de divulgación y difusión de la conservación. Además, es posible encontrarlo de manera gratuita en el sitio web de la CONANP, en formato PDF.

Pero no todo es entusiasmo conservacionista. En algunos casos los relatos también nos pintan, duramente, la realidad de las distintas concepciones del mundo que están en juego en la conservación de las especies, como en el caso de la tortuga caguama. Por ejemplo, mientras unos las ven como un tesoro por el valor comercial de su carne y huevos, e incluso consideran que capturar una es de buen augurio, otros la valoran como especie única de su género, que se ve constantemente expuesta a la muerte accidental en redes pesqueras y a la caza irresponsable. También nos permiten apreciar las diferencias entre la experiencia de quienes viven inmersos en las ANP y están familiarizados con todo lo que sucede en ellas, y quienes se acercan por primera vez, sin conocer los mecanismos impredecibles del lugar.

Además, hablan de lo difícil que es cambiar ciertos hábitos o percepciones que tenemos al momento de relacionarnos con la naturaleza, y de una gran cantidad de destrucción. Sin embargo, al final la gran mayoría de los relatos tiene un mensaje de esperanza; una luz que muestra la realidad de una posible recuperación basada en los pasos adecuados. Muchas de las historias son excelentes lecciones de la importancia del trabajo en equipo, como el caso de las tortugas de La Cruz de Loreto en Jalisco, donde la matanza de tortugas se transformó en un desarrollo turístico que las protege, y donde, gracias a la iniciativa de unas pocas personas, los lugareños pudieron darse cuenta de que, para ellos mismos, valían más vivas que muertas. Esta es una prueba de que las que parecen pequeñas acciones, a la larga generan grandes cambios.

Lo que queda

Queda claro que aún nos falta mucho por descubrir de los misterios de la exuberante riqueza biológica de México, y por entender y valorar los servicios ecosistémicos que nos prestan las diversas especies que conviven con nosotros en la Tierra. Este libro resalta la importancia del esfuerzo humano, y muestra los riesgos del trabajo de campo y la forma en la que decenas de personas arriesgan su vida y su integridad física por salvar lo que nos queda de naturaleza. También destaca el papel del gobierno y de las fundaciones en la conservación, y la importancia del empuje individual y de la interacción con la gente local, indispensables en cualquier proyecto de conservación. La labor de aprender a conocer, amar y conservar la compartimos todos los habitantes del país.

Asimismo, pone de manifiesto lo crucial que es la paciencia. A todos nos gustaría que fuera suficiente hacer un pequeño cambio de hábitos para ver resultados de la noche a la mañana, pero no es así; hay transformaciones que apenas comienzan a vislumbrarse después de años de esfuerzo. Por ejemplo, la Reserva de la Biosfera de Janos logró decretarse como tal hasta después de años de investigaciones y trabajo de campo. Sin embargo, se han logrado cambios importantes y es una gran recompensa ver cómo la naturaleza responde con gratitud ante nuestros cuidados. Los relatos "Encuentros con la fauna en la Cascada de Basseaseachic" y "Reencuentro de una especie" son un claro ejemplo de esta reciprocidad. En el primero, después de que unos guardaparques rescataran a tres crías de zorrita gris que habían perdido a su madre, una de las dos supervivientes se quedó a vivir cerca de la base en la que la habían cuidado. Años después, aún se acerca cuando escucha a la persona que la alimentó, se deja tocar y juega con ella. En el segundo,tiempo atrás de que la Isla Isabel perdiera la mayor parte de su vegetación por la voracidad de los chivos introducidos que ahora corrían en estado salvaje, la autora encontró, en un lugar inesperado, un ejemplar de una planta endémica que se creía extinta, y con ello resurgió la esperanza de que, tras los largos esfuerzos por controlar el abuso de los chivos, la isla estaba respondiendo positivamente y, aunque le llevara años, quizá lograría recuperarse por completo.

Así pues, ya sea que interactuemos más con el lado salvaje e indómito de la naturaleza o con su lado doméstico, cada pequeña acción cuenta y, como en un reloj de arena, se acumula para construir una transformación y salvar a millones de seres vivos, entre los que estamos nosotros mismos.

Esmeralda Osejo Brito estudió la licenciatura en Lengua y Literaturas Modernas (Inglesas) en la UNAM, con especialización en traducción. Actualmente trabaja haciendo traducción, corrección de estilo y asistencia editorial en la Unidad de Divulgación y Difusión del Instituto de Ecología de la UNAM y en el Laboratorio Nacional de Ciencias de la Sostenibilidad (LANCIS). Su interés profesional es integrar las ciencias y las humanidades mediante la aplicación de los enfoques ecocrítico, humanista y transdisciplinario.

Lineamientos de redacción de artículos para *Oikos=*

Esmeralda Osejo Brito, Clementina Equihua Z., Luis E. Eguiarte y Laura Espinosa Asuar

Una historia bien contada llega a muchos más oídos.

Sobre la revista

Oikos= es una revista de divulgación científica, publicada por el Instituto de Ecología de la UNAM. Su objetivo general es dar a conocer tópicos científicos y líneas de investigación que se trabajan en este instituto y en México, particularmente en las áreas de ecología de plantas y animales, medio ambiente, evolución y conservación de recursos naturales, además de discutir problemáticas de relevancia actual relacionadas con estas áreas.

Uno de los propósitos específicos de la revista es visibilizar el trabajo de las personas dedicadas a la ecología y otras ciencias afines, para de este modo generar interés y crear una aproximación más humana y empática hacia estas áreas del conocimiento.

Está dirigida a estudiantes de educación media superior y superior, investigadores y a todo público interesado en la ciencia y los temas ambientales.

Misión

La misión de *Oikos=* es inspirar en nuestros lectores la curiosidad por el conocimiento científico, sobre todo en las áreas de ecología, evolución y ciencias ambientales, a través de textos accesibles y científicamente rigurosos.

Visión

Buscamos convertirnos en una referencia de divulgación científica, que llegue a ser indispensable para informarse sobre los avances del conocimiento y sobre las actividades y resultados de las áreas de investigación en ecología en México y países de lengua hispana. Oikos= ocupa un nicho único, ya que da voz a distintas áreas de investigación en el área de ecología, en un lenguaje accesible.

Estructura general

Un artículo en su totalidad debe estructurarse de la siguiente manera: propuesta, desarrollo o argumentación y conclusión. Del mismo modo, cada uno de los párrafos debe tener (idealmente) la misma estructura, como un artículo en miniatura.

Título

El título debe ser cautivador, breve (máximo 12 palabras) y atractivo, de modo que dé una idea del contenido del artículo y, al mismo tiempo, invite a leerlo.

Introducción

Debe capturar al lector desde la primera oración. De manera inconsciente, los lectores pensamos que si las primeras palabras no son interesantes, tampoco lo será el resto del texto. *Contiene la propuesta.* Ya sea de manera específica, general o indirecta, introduce el tema o cuestión que se va a tratar en el artículo y la hipótesis o propuesta del mismo. Es por eso que la introducción es, junto con la conclusión, la parte más importante del artículo. De ser posible, debe estar contenida en un solo párrafo.

Como referencia de la clase de introducciones y títulos con este estilo, ver los artículos *Cantando en una ciudad ruidosa* (*Oikos=* 15). *Tras las huellas del jaguar*, *Janos: el último baluarte del perrito de las praderas y el bisonte* y *Biogeoquímica en Cuatro Ciénegas: mundos dentro de mundos y miradas a escala* (*Oikos=* 19), y *Sistemas productivos: microorganismos, suelos y sostenibilidad* (*Oikos=* 18).

Cuerpo

Consiste en los párrafos que **desarrollan y sustentan la propuesta del artículo**. Deben ser coherentes, tener cohesión, apoyar la introducción y anticipar la conclusión. Cada párrafo debe contener información relacionada con la hipótesis o cuestión central; es decir, toda la información debe ser pertinente para lograr el objetivo del artículo y debe estar relacionada con el tema que se aborda. Una posibilidad es hablar y dar ejemplos de tu trabajo de investigación. Todos los párrafos deben estar ligados entre sí, formando transiciones lógicas. Lo ideal es que la conclusión de un párrafo introduzca el tema del siguiente párrafo.

El estilo debe ser lo más narrativo posible, aunque se aborden cuestiones técnicas. Al ser un texto de **divulgación**, el lenguaje nunca debe ser una barrera para la comunicación. El texto debe resultar **agradable y entretenido**; la información más técnica puede volverse amena si se eligen el tono y las palabras adecuados.

Como referencia del estilo narrativo que buscamos, ver los artículos *Cuatro Ciénegas: el lugar que guarda la historia de la vida*, *México y sus polinizadores: crónica de una crisis anunciada* y *Janos: el último baluarte del perrito de las praderas y el bisonte* (*Oikos=* 19).

Conclusión

Debe estar ligada a la introducción. Si el artículo plantea

un problema, proponer una solución o dar una perspectiva personal. **Recomendamos que las conclusiones sean positivas y propositivas.** Es necesario tomar en cuenta que un lector con prisa leerá solamente la introducción y la conclusión, es por eso que deben contener **lo más esencial del artículo**.

Como referencia de la clase de conclusiones con este estilo, ver números recientes de *Oikos=*, particularmente el número 19 : *Tras las huellas del jaguar, Biogeoquímica en Cuatro Ciénegas: mundos dentro de mundos y miradas a escala, Cuatro Ciénegas: el lugar que guarda la historia de la vida y Janos: el último baluarte del perrito de las praderas y el bisonte*, etcétera.

Claves estilísticas

Como diría Muriel Rukeyser: el universo está hecho de historias, no de átomos.

Lenguaje narrativo. Un artículo atractivo puede iniciar con una descripción en estilo poético o literario, una anécdota, refrán, cita o semejante, que tenga relación con el tema principal. A continuación, es necesario desarrollar las ideas como si se estuviera contando una historia; como si quisiéramos que incluso un niño nos pudiera entender y con la intención de intrigar a nuestros lectores. El contenido científico no está peleado con el estilo narrativo o literario; al contrario, éste enriquece a aquél y lo hace más ameno.

Claridad. Una cosa es el estilo, y otra el contenido. La claridad se refiere a las ideas y el contenido. El objetivo o mensaje del artículo debe ser evidente. La claridad de un texto depende de su organización y de la buena redacción.

Fluidez. Es esencial que el texto se pueda leer sin necesidad de hacer pausas. Si el lector tiene que volver a leer un texto que no comprendió bien, se corre el riesgo de que se aburra o se frustre y abandone la lectura. Además, es importante dejar al lector "con ganas de más", de modo que continúe naturalmente al siguiente párrafo.

Concisión. Es importante evitar las redundancias y las palabras sobrantes. La brevedad y la economía de palabras facilitan la comprensión del texto. Por ejemplo, en lugar de *sin que se afecten*, es mejor decir *sin afectar,* o, en lugar de *resultan ser*, es mejor decir *son*.

Vocabulario y selección de palabras

Se deben evitar los tecnicismos innecesarios y las palabras muy rebuscadas. Si alguno es *indefectible* (diríamos, indispensable), es necesario explicarlo en el texto o definirlo en un recuadro breve.

La precisión del vocabulario es sumamente importante, ya que es clave para la plena comprensión del artículo; no es lo mismo escribir "varios momentos" que "momentos distintos". No es lo mismo "transporte" que "transportación". No son lo mismo "pleno", "vasto" y "amplio".

Las calcas del inglés son un enemigo taimado. "**Número** de muestras" es una calca del inglés "**number** of samples"; lo adecuado es "**cantidad** de muestras"; otro ejemplo es el de "estar creciendo vegetales", del inglés "to be growing vegetables"; lo correcto es "estar cultivando". *La voz pasiva debe ser evitada* (es decir, se debe evitar la voz pasiva).

Todo esto puede solucionarse cuando uno deja de escribir como piensa y empieza a escribir pensando en el lector.

Sección "Para saber más"

Al final, se debe incluir bibliografía interesante, relacionada con los temas tratados, a la que el lector se pueda referir con facilidad. Entre tres y cinco fuentes bastan. También se pueden incorporar referencias en forma de hipervínculo dentro del cuerpo del texto.

Palabras clave

En un apartado al final del artículo es necesario proporcionar entre 5 y 10 palabras clave, que servirán para impulsar la visibilidad y aumentar la cantidad de lectores del artículo en Internet. Las palabras clave se pueden seleccionar en relación con el tema, región geográfica, área de investigación, disciplina, enfoque, teoría, especie, fenómeno, hábitat, problema, debate, etcétera.

Formato

Times New Roman, 12 puntos, texto justificado, márgenes de 2.5, interlineado doble.

Durante el proceso de revisión les pedimos utilizar el control de cambios (*track changes*).

Extensión

2 a 5 cuartillas (entre tres mil y siete mil caracteres, incluyendo espacios). Sólo en casos especiales el comité editorial podrá considerar artículos de mayor extensión.

Imágenes

Si se proponen imágenes para el artículo, es necesario enviarlas como archivos separados con extensión: *.tif, *.jpg, o *.eps. Es indispensable que el autor indique la fuente; es decir, que especifique fue elaborada por el autor, en algún software, tomada o modificada de alguna publicación, página de internet, etcétera. Asimismo, es indispensable contar con los permisos para su publicación. La resolución mínima es de 300 dpi/ppi, de preferencia con perfil CMYK. Si no es posible proporcionar imágenes fotográficas de 300 dpi, entonces es indispensable que sean lo más grandes posible. Incluir también los pies de figura y créditos correspondientes. La decisión final de las imágenes a incluir depende siempre del editor.

Algunas recomendaciones

Evitar el uso de notas al pie de página y, en la medida de lo posible, de tablas y cuadros sinópticos muy detallados o complicados; ya que en formato electrónico son difíciles de ajustar y,

para un lector no especializado, no aportan mucha más información de la que pueden aportar el texto y las imágenes bien planeadas.

Semblanzas
Enviar una semblanza breve del autor o los autores del artículo. En un máximo de cinco líneas, incluir los datos del autor o autores (nombre, lugar de adscripción, puesto) y breve semblanza (formación académica, principales líneas de investigación). Si así se desea, es posible incluir información de contacto.

¡Necesito ayuda!
Si hay alguna sección en específico que te esté costando trabajo, con gusto podemos apoyar con ideas y sugerencias. Siempre hay manera de resolverlo. Probar el texto con personas que no sean científicos o no estén familiarizadas con el tema es una buena idea. También leer el texto unos días después de que escribirlo, porque esto ayuda a identificar errores de redacción.

¿Y si no sé escribir?
Todos sabemos escribir. Siempre se puede mejorar, y la única manera de escribir mejor es ¡escribiendo!
No dudes de tu capacidad y por favor envíanos tus propuestas. Nuestro equipo de edición puede apoyar con ideas y material para que tu artículo quede impecable; será un placer compartir el gozo de trabajar en sus textos de divulgación, y que de esta forma puedan verlos publicados en uno de nuestros números.

Material de consulta

• Bonfil, M. 2008. *Recomendaciones básicas para autores de artículos de divulgación científica* (disponible en pdf en: http://bit.ly/2KDtiAC).

• Haldane, J. B. S. 1986. *Cómo escribir un artículo de divulgación científica.* Prenci 7 (68).

• Lightman, A. 2008. *Reportaje, ensayo, narrativa. El Muégano Divulgador* 40: 1-2 (disponible en PDF en: http://bit.ly/2tLxuYS).

• Merrill, P. W. 1947. *Cómo escribir mal* (disponible en PDF en: http://bit.ly/2KH3J4X). Traducido del original: *The Principles of Poor Writing*. American Association for the Advancement of Science. The Scientific Monthly 64: 72-74.

• Sánchez Mora, A. M. 2011. *La divulgación de la ciencia como literatura*. Colección Divulgación para Divulgadores. DGDC, UNAM. México (disponible en línea en: http://bit.ly/2u3e2Gm).

• Sánchez Mora, A. M. 2008. *Pequeño manual de apoyo para redactar textos ambientales*. SEMARNAT, INE y CONABIO. México (disponible en PDF en: http://bit.ly/2tM5DaC).

Cuidemos nuestras Áreas Naturales Protegidas de Especies Exóticas Invasoras

Las Áreas Naturales Protegidas (ANP) pueden sufrir por la introducción de especies exóticas invasoras (EEI). Todos podemos contribuir a evitar impactos que son catastróficos en estos espacios de vital importancia para la conservación de nuestros recursos naturales, economía y salud.

¿Cómo llegan?

Las especies exóticas invasoras tienen muchos impactos negativos en nuestros recursos naturales y pueden provocar pérdidas económicas millonarias.

Especies exóticas invasoras en México en 2015

Visitantes

1. Conocer sobre los hábitats y especies nativas de las ANP
2. Seguir las indicaciones de los guardaparques para evitar introducir o dispersar nuevas especies
3. Involucrarse en proyectos de ciencia ciudadana para monitorear la propagación y control de EEI
4. Acatar las leyes que protegen nuestros recursos y a las ANP
5. No llevar, y menos liberar, mascotas u otros organismos ajenos a las ANP
6. Limpiar equipo de campo, botas, llantas de vehículos antes de visitar una ANP
7. Contribuir al conocimiento de la biodiversidad de nuestro país. Por ejemplo, en Naturalista: http://bit.ly/2IZ0yRd

Autoridades y guardaparques

1. Conocer las EEI de su área natural: distribución, patrón de invasión, etcétera
2. Contribuir a alertar y educar a la población sobre los impactos de las EEI
3. Instrumentar acciones de prevención y bioseguridad
4. Llevar a cabo las actividades necesarias para controlarlas o erradicarlas dentro y fuera de las ANP
5. Vigilar y hacer cumplir las leyes que protegen las ANP
6. Informar y alertar sobre su presencia

Infórmate más en: Infografía http://bit.ly/2KCvAnJ Conabio http://bit.ly/2lYBf8Y Unibio http://bit.ly/2KS8BkG

Autoras: Abril Luz María Ángeles Trujillo y Fotografía: Clementina Equihua Z.
Asesoría: Ana Isabel González y David Gutiérrez Carbonell.